



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

## DIPLOMARBEIT

Nachhaltige Sanierung von Plattenbauten mittels anpassbarer  
Module

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

Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alireza Fadai

E259-02

Forschungsbereich Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau

Senior Lecturer Dipl.-Ing. Sigrun Swoboda

E259-01

Forschungsbereich Digitale Architektur und Raumplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für

Architektur und Raumplanung

von

Anastasia Proeschnew

11832463

Wien, am

eigenhändige Unterschrift

# KURZFASSUNG

Betrachtet man die jüngsten Entwicklungen im Bereich der Bau- und Energiekosten, so wird es schnell klar, dass die Bekämpfung der, seit bereits Jahrzehnten, anhaltenden Wohnungsnot nicht nur im Bereich der Neubauten liegt. Viele Bestandsbauten bieten weiterhin bezahlbaren und komfortablen Wohnraum und sind meistens sehr zentral gelegen.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Analyse der Bestandsgebäude – „Platte“ der 70er Jahre und zeigt Möglichkeiten zur Sanierung dieser mittels Modulen.

Im ersten Teil der Arbeit wird ein Beispielgebäude in Deutschland näher betrachtet und analysiert. Dies erfolgt u. A. mittels bauphysikalischer Bauteilanalyse und thermographischer Aufnahmen, welche die Schwachstellen der Gebäudehülle aufzeigen. Im weiteren Schritt werden die Möglichkeiten der üblichen Sanierungsmaßnahmen in Beachtung der EnEV2014 Richtlinie aufgezeigt. Hier fällt ein besonderes Augenmerk auf die Nachhaltigkeit der eingesetzten Baustoffe, welche im Hinblick auf ihre ökologischen und bauphysikalischen Werte untersucht und verglichen werden.

Die Ergebnisse werden im zweiten Teil der Arbeit weiterverwendet um eine Modulkonstruktion zu erarbeiten, welche allen Anforderungen der EnEV2014 Richtlinie entspricht und zusätzlich einen großen Beitrag zur Nachhaltigkeit leistet. Das abschließende Fazit vergleicht zwei unterschiedliche Sanierungsarten miteinander.



# ABSTRACT

Considering the latest developments in the field of construction and taking into account energy costs, it quickly becomes clear that the fight against the housing shortage, which has been steadily increasing in the last decades, cannot be solved by building new space alone. Many existing buildings continue to offer affordable and comfortable living space and are usually very centrally located.

This thesis focuses on the analysis of the existing buildings – „slab“ of the 70s and shows possibilities for renovation of these by employing module systems.

In the first part of the thesis a building in Germany is examined and analyzed in detail as an example. This is done, among other things, by analyzing building physics components and thermographic recordings, which show the weak points in the outer structure of the building. In the next step the possibilities of remediation measures in compliance with the EnEV2014 guideline are shown. Here, special attention is paid to the sustainability of the building materials used, which are examined and compared with regard to their ecological and physical values.

The results will be used in the second part of the work to develop a module design that meets all the requirements of the EnEV2014 guideline and also makes a major contribution to sustainability. The final conclusion compares two different types of renovation.

# INHALTSVERZEICHNIS

## INHALTSVERZEICHNIS

S.4	Kurzfassung
S.5	Abstract
S.7	Abkürzungsverzeichnis
S.9	Teil I – Analyse
S.11	Einleitung
S.13	Gebäudeporträt
S.16	Fotodokumentation
S.18	Bauphysikalische Bauteilanalyse
S.19	Horizontale Elemente
S.19	Dach
S.20	Geschossdecke
S.20	Kellerdecke
S.21	Loggiafußboden
S.21	Terrasse
S.22	Vertikale Elemente
S.22	Aussenwände
S.23	AW-1
S.23	AW-2
S.23	AW-3
S.24	AW-4
S.24	AW-5
S.24	Loggia Geländer
S.24	Fenster Bad
S.25	Fenster
S.26	Thermographie Wärmebrücken- analyse
S.26	Fassade
S.27	Kellergeschoss
S.28	Fenster
S.29	Lüftungswärmeverluste
S.29	Loggia
S.30	Stiege
S.30	Wohnung
S.31	Durchgeführte Sanierungsmassnahmen
S.33	Sanierung nach Energieeinsparverordnung (EnEV2014*)
S.34	Gängige Sanierungsmassnahmen
S.34	Aussenwand
S.34	Flachdach
S.34	Kellerdecke

## INHALTSVERZEICHNIS

S.35	Dämmmaterialien
S.41	Analyse Baustoffe
S.41	Dach
S.41	Holzfaser
S.42	Steinwolle
S.43	XPS
S.43	Schlussfolgerung Dach
S.46	Aussenwände
S.47	Holzfaser
S.50	Steinwolle
S.52	XPS-R
S.52	Schlussfolgerung Aussenwände
S.56	Kellerdecke
S.57	Fenster
S.58	Zusatz
S.59	Conclusio I
S.63	Teil II – Module
S.64	Module – Warum?
S.65	Modulgestaltung
S.66	Aufbau
S.69	Sanierung
S.70	Vorgehensweise
S.72	Gestaltung
S.78	Detail – Fenster
S.80	Detail – Attika
S.82	Detail – Sockel
S.84	Detail – Loggia
S.86	Conclusio II
S.88	Fussnoten
S.90	Darstellungsverzeichnis
S.90	Bilderverzeichnis
S.91	Tabellenverzeichnis
S.92	Quellen
S.96	Anhang – Tabellen
S.99	Anhang – U-Wert Rechner
	Anhang – Ökologievergleich
	Anhang – Unterlagen

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A : außen  
AW : Außenwand  
bzw. : beziehungsweise  
DG : Dachgeschoss  
DIN : Norm lt. „Deutsches Institut für Normung e.V.“  
DOK : Deckenoberkante (Rohbau)  
DUK : Deckenunterkante (Rohbau)  
EG : Erdgeschoss  
EnEV : Energieeinsparverordnung  
ESB: elka strong board (Siehe Anhang)  
HBO : Hessische Bauordnung  
HH\_F : Hoch Haus Typ F  
I : innen  
Inkl. : Inklusiv  
IW : Innenwand  
IWU : Institut Wohnen und Umwelt  
MW: Mineralwolle  
N ; (N) : Norden  
O ; (O) : Osten  
OG : Obergeschoss  
OK : Oberkante  
OK-FFB : Oberkante des fertigen Fußbodens  
OK-RFB : Oberkante des roh Fußbodens  
OSB: Oriented Strand Board (Siehe Anhang)  
S ; (S) : Süden  
S. : Seite  
STB : Stahlbeton  
TW : Trennwand  
u.A. : unter anderem  
UK-RFB : Unterkante des roh Fußbodens  
U-Wert : Wärmedurchgangskoeffizient  
W ; (W) : Westen  
z. B. : zum Beispiel



# TEIL I ANALYSE



Die in Deutschland und vielen anderen europäischen Ländern allgegenwärtige Wohnungsnot und gesteigerte Nachfrage nach Wohneigentum im innerstädtischen Bereich, begleitet von immer zunehmender Verdichtung der Stadträume, steigenden Preisen und dem Mangel an Baugrund, führt dazu, dass die Frage nach Sanierung von Bestandsgebäuden immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Wenngleich das zunehmende Augenmerk der Politik, primär vor dem Hintergrund der Einsparung von Energie, hierbei auch eine Rolle zu spielen vermag, so werden die Trends maßgeblich durch ökonomische Privatinteressen mitgetragen – stromsparende Geräte, stromsparendes Verhalten und dementsprechend stromsparende Häuser und Wohnungen: Gut gedämmt, im Sommer kühl, im Winter warm, idealerweise ohne viel zu heizen und dadurch das Portemonnaie zu belasten.

Vor allem Plattenbauten, die Anfang der 70er Jahre schnell und günstig errichtet werden mussten, um Arbeitern genug Wohnraum zu bieten, entsprechen heute kaum diesem Ideal. Durch die Verwendung des damals neuartigen „elementa“ Fertigbausystems konnten typisierte Gebäude verhältnismäßig schnell aus dem Boden gestanzt werden. Knapp 50 Jahre nach Fertigstellung sind diese jedoch nicht mehr effizient und bedürfen einer umfassenden Sanierung – nicht nur, um optische, wirtschaftliche und ökologische Aufwertungen zu erreichen, aber auch, um Schäden auszubessern, die unter anderem auf Wärmebrücken zurückzuführen sind. Prominentes Beispiel hierfür wäre Schimmel, der im schlimmsten Fall ernste gesundheitliche Schäden hervorrufen kann.

Im Rahmen dieser Arbeit soll primär Sanierung durch modularen Aufbau als ökologische Alternative näher beleuchtet werden. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Vor allem wird bei Modulen der Aspekt der Nachhaltigkeit sehr stark bedient, denn diese sind aus ökologischen und recyclebaren Materialien hergestellt und auch wiederverwendbar. Ferner bieten Module viele Gestaltungsmöglichkeiten an einem Objekt. Da einzelnen Module nur durch eine Rahmen-Unterkonstruktion mit dem Bestand verbunden sind, sind sie dadurch nicht nur weniger invasiv, sondern lassen sich auch leicht bei Schäden oder Reparaturbedürftigkeit austauschen. Auch im Hinblick auf die Statik des Bestandgebäudes kann eine modulare Sanierung punkten, denn die Rahmenkonstruktionen können auch als selbsttragend ausgeführt werden und wären somit von Ersterer unabhängig.

Module können mithilfe zahlreicher Auswahlkriterien sehr gut an die gegebene bauliche Situation angepasst werden – ob der Ökologie der Vorzug gegeben werden soll oder dem Brandschutz oder wird eher der Wert auf ein geringes Gewicht gelegt – die modulare Sanierung kann eine Vielzahl an Aspekten bedienen. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird zunächst das Bestandsgebäude analysiert und mögliche Baustoffe auf ihre ökologischen und bauphysikalischen Aspekte geprüft und verglichen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden letztendlich Kombinationen einer modularen Sanierung beleuchtet, die im Hinblick auf Brandschutz, Bauphysikalische Eigenschaften, Gewicht und Preis den Aspekt der Ökologie am besten bedienen.





# GEBÄUDEPORTRÄT

Gegenstand der Betrachtung ist ein Mehrfamilienhaus in der im Nordwesten Kassels gelegenen ehemaligen Arbeitersiedlung „Neue Wohnstadt“. Diese ist heute nur noch als „Brückenhofsiedlung“ bekannt.

Das in den 70er Jahren entstandene Großbauprojekt wurde von der GEWO-BAG, später „Neue Heimat Kassel“, geplant und ausgeführt.

Aufgrund von zu hohen Mieten und einer schlechten Anbindung, wies die Siedlung bis in die 90er Jahre hohen Leerstand auf. Um die Lage zu verbessern, wurde über eine Umnutzung der Gebäude nachgedacht. So sollten, wie bereits zu Beginn der Planung angedacht, einzelne Räumlichkeiten für die Altenpflege umgebaut werden. Bevor dieses Vorhaben jedoch umgesetzt werden konnte, änderte sich die Lage rasant.

Mitte der 90er Jahre, unter anderem bedingt durch die Rückwanderung der Russlanddeutschen, waren die Wohnungen sehr begehrt.

Das aktuelle Bild der Siedlung wird von mehreren einzelnstehenden sowie in einem Komplex zusammengeschlossenen Plattenbauten bestimmt.

Das Herz dieser bilden dabei die Gebäude der Typologie – HH\_F<sup>2</sup>, zu dem auch das in dieser Arbeit betrachtete Objekt gezählt wird. Zusätzlich finden sich einzelne Ausbildungs-, Gewerbe-, Industrie- und Erholungsobjekte, welche die Struktur der Siedlung entscheidend mitgestalten und besonders für Familien und Senioren sehr attraktiv machen.



BI - Brückenhofsiedlung 80er Jahre<sup>1</sup>

STECKBRIEF  
WOHNHAUS BRÜCKENHOFSTR. 74

Land: Deutschland

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus (HH\_F)

Planungszeitraum : 1960 - 1974 (Gebiet)

Bauzeit : 1970

Architekten : GEWOBAG / Neue Heimat - Eigenen Planungs-abteilungen / „elementa“ Fertigbausystem

Bauherr : Gemeinnützigen Wohnungs- und Siedlungsbaugesellschaft (GEWOBAG) - später „Neue Heimat Kassel“

Heutiger Eigentümer : GWH (Grundstück) und Privat (Wohnungen)

Denkmalstatus : Nein

Ursprüngliche Nutzung : Reines Wohngebäude

Heutige Nutzung : Reines Wohngebäude

Zustand : Sanierung in Teilen seit ca. 2005 bis ca. 2011; Umbau ca. 2006

Nutzfläche: AN = 1777,2 m<sup>2</sup>

Wohneinheiten: 24 Wohnungen

Seit der erstmaligen urkundlichen Erwähnung in 1196 bis 2020 ist viel auf dem betrachteten Bauplatz passiert. Wie bereits erwähnt, wurde das Bezugsgebäude in den 70er Jahren fertiggestellt. Der Bau einer geplanten vierspurigen Hauptader durch die Siedlung wurde verworfen und es entstanden verkehrsberuhigte Bereiche im ganzen Gebiet. Ab ca. 1995 wurde der Ausbau der Tramlinien vorangetrieben. Dank der Abkehr von der Hauptader konnten problemlos Schienen verlegt werden, sodass derzeit vier Tramlinien und zwei Buslinien die Siedlung mit der Innenstadt und den umliegenden Gemeinden verbinden. Durch großzügig angelegte Erholungsmöglichkeiten verfügt die Siedlung über genügend Bewegungsfreiheit für die jüngsten und ältesten Bewohner. Da Kassel als autogerechte Stadt<sup>3</sup> geplant und ausgebaut wurde, wurden auch in Brückenhof bereits von Anfang an genügend Parkmöglichkeiten in Form von Parkhäusern, Garagen und Freiluftparkplätzen bereitgestellt.

Durch ihre Planung und Ausführung kann die Brückenhofsiedlung als Leuchtturmprojekt für ähnliche Siedlungen in ganz Deutschland, in denen Materialien wie Spannbeton, Stahl und Glas zum Einsatz kommen, betrachtet werden.

Zur Beschleunigung der Errichtung wurde auf die damals neuwertigen Fertigbauelemente „elementa“ zurückgegriffen. Diese wurden vorgefertigt zum Bauplatz transportiert und mussten vor Ort lediglich zusammengefügt werden.

Die Umgestaltung der Anlage durch die GWH begann bereits ab 2005. Neue an der Nordseite der Fassaden, neue Zierelemente, buntere Farben und Beleuchtung, neue Balkone, schönere Spielplätze, all das war Teil der Sanierungsmaßnahmen. Als Folge stiegen die Mieten an und werden seitdem kontinuierlich erhöht.

Ab ca. 2007 wurde damit begonnen einige Wohnungen abzustößeln.

Die Bewohner hatten dabei einen großen Vorteil, da sie eine vorrangige Kaufberechtigung zu sehr niedrigen Preisen genossen. Dennoch befindet sich eine Überzahl der Wohnungen in Investorenhänden, da viele der Bewohner nicht die finanziellen Mittel für einen Erwerb besaßen.<sup>4</sup>

Aktuell ist es kaum noch möglich, in Brückenhof eine freie Wohnung zu beziehen oder allgemein eine günstige Wohnung in Kassel zu finden. Lange Wartelisten und steigende Wohnungspreise sind hier an der Tagesordnung. Potentielle Bewohner müssen sich auf lange Wartezeiten und steigende Mieten einstellen.

Um diese Notstände nicht weiter zu verschärfen, priorisiert diese Arbeit Sanierung und nicht den Abriss der Bestandsgebäude. Hierfür wird (beispielhaft) eines der HH\_F Gebäude näher beleuchtet und untersucht.

Dabei handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus, welches rein zu Wohnzwecken verwendet wird. Das vollunterkellerte sechsgeschossige Gebäude verfügt über 24 Wohneinheiten.<sup>5</sup> In der betrachteten Siedlung finden sich zwei weitere Zwillingengebäude.

Wie alle Gebäude der Klasse HH\_F wurde das Gebäude in Massivbauweise errichtet und findet seinen Abschluss in einem Flachdach. Ab ca. 2004 fingen die Sanierungsmaßnahmen an diesem Gebäude an. Zunächst wurden die Wohnungsfenster auf der Nordseite durch doppeltverglaste PVC Kunststofffenster ersetzt. Die Holzfenster und Türen mit Isolierverglasung auf der Südseite sind jedoch bis heute unbeachtet geblieben. Um 2006 wurden in den Bädern runde Fenster (O u. W) eingebaut, sodass eine Verbesserung der Belichtungs- und Belüftungsverhältnisse in diesen Räumen geschaffen werden konnte.

Durch die alten verglasten Türen kommt nun natürliches Licht auch in die vorher



sehr dunklen Wohnungsflure. Die Glasflächen und die Eingangstür an der Nordfassade, welche in die öffentlichen Gebäudeteile führen, wurden etwa 2008 erneuert.

Seit ca. 2010 wurden im Erdgeschoss Terrassen (S) angefügt, die von den Eigentümern teilweise umgebaut wurden. Auch einige Loggias wurden verglast, sodass sich insgesamt kein homogenes Erscheinungsbild mehr feststellen lässt. Das alte Heizungssystem (Gas-Niedertemperaturkessel) wurde im Laufe der Jahre durch die Versorgung mit Fernwärme ersetzt.<sup>6</sup> Nach Aussage des Hausmeisters, Herrn Jäger, verfügt das Gebäude zusätzlich über einen Wärmetauscher. Im Inneren des Gebäudes findet sich neben einfachen Radiatoren auch ein Sockelheizungssystem, welches sich in allen Wohnungen entlang der Wandleiste der Außenwände zieht. Diese Leitung ist zwar mit den Heizkörpern verbunden, kann jedoch nicht manuell bedient werden und

heizt somit selbst bei steigenden Temperaturen bis zum Ende der Heizperiode.<sup>7</sup> Weder die Radiatoren noch die Heizleisten wurden jemals saniert.



B2 – Brückenhofsiedlung 80er Jahre



# FOTODOKUMENTATION



B3 - Nord-Ost Fassade

Die in dieser Arbeit verwendeten Bilder des Bestandes wurden im März und Juni 2020 erstellt. Bild 3 zeigt die Nord- und Ostfassade im März 2020. Man sieht deutlich, dass das Gebäude auf unebenem Gelände steht. Die runden Fenster an der Ostseite führen in die Bäder der einzelnen Wohnungen. Die WC Räume sind separat und haben keine Frischluftmöglichkeit.



B4 - Süd Fassade

Für die Südfassade wurde das Bild 4 im Juni 2020 getätigt. Schön zu erkennen ist hier die Fassadenbegrünung in Form eines selbstklimmenden Weines.

Das Bild zeigt ferner ein wichtiges Detail – bei einer der zwei verglasten Loggien ist Sonnenschutz in Form von Gardinen angebracht worden. Leider konnte nicht festgehalten werden, dass es bei der unteren Loggia vermehrt zu Kondenswasser an den Glasscheiben kommt, wenn diese verschlossen sind. Des Weiteren ist ersichtlich, dass die Eigentümer der EG- Wohnung, auf der linken Seite im Bild 4, nachträglich einen Wintergarten eingebaut haben. Um ungewünschten Blicken zu entkommen, haben sie überall Gardinen angebracht. Die Situation für die EG-Bewohner ist in diesem Gebäude besonders unangenehm, da sich an der linken Seite eine Tramhaltestelle befindet und die Ostwand des Gebäudes bei längeren Wartezeiten gern als Nottoilette missbraucht wird.

Die Südost- und Südwest Fassaden zeigen den visuellen Unterschied zweier Terrassen.

Die eine wie bereits aufgeführt mit einem Wintergarten ergänzt, die andere „naturbelassen“.



B5 - Südost (l) - Südwest (r) Fassade

Interessant ist, dass die Besitzer des Wintergartens als Grund für ihren Anbau nicht nur die störenden Blickverhältnisse, sondern auch herabfallenden Müll angaben. Zigarettenstummel, Pflanzenreste sowie Gießwasser seien immer wieder auf der Terrasse gelandet.

Der bereits sanierten Hauseingang sowie die Verglasung der darüber liegenden Gemeinschaftsbereiche sind in Bild 6 gut erkennbar. Hier kann man sehr gut die farbigen Akzente erkennen, die im Laufe der Sanierung des Gebietes überall fortgesetzt wurden. Im nächsten Bild sieht man den Zugang zum Fahrstuhl.

Auch dieser Bereich wurde farblich neu gestaltet.

Jedes Geschöß des Gebäudes hat eine andere Farbe.

Dabei könnte man vermuten, dass dies mit der Absicht geschehen ist, jedem Geschöß seine Identität zu geben. Doch betrachtet man die letzten drei Bilder, welche im selben Geschöß entstanden sind, merkt man eine Art Willkür bei der Gestaltung.



B6 - Hauseingang (l) - Aufzug (r)



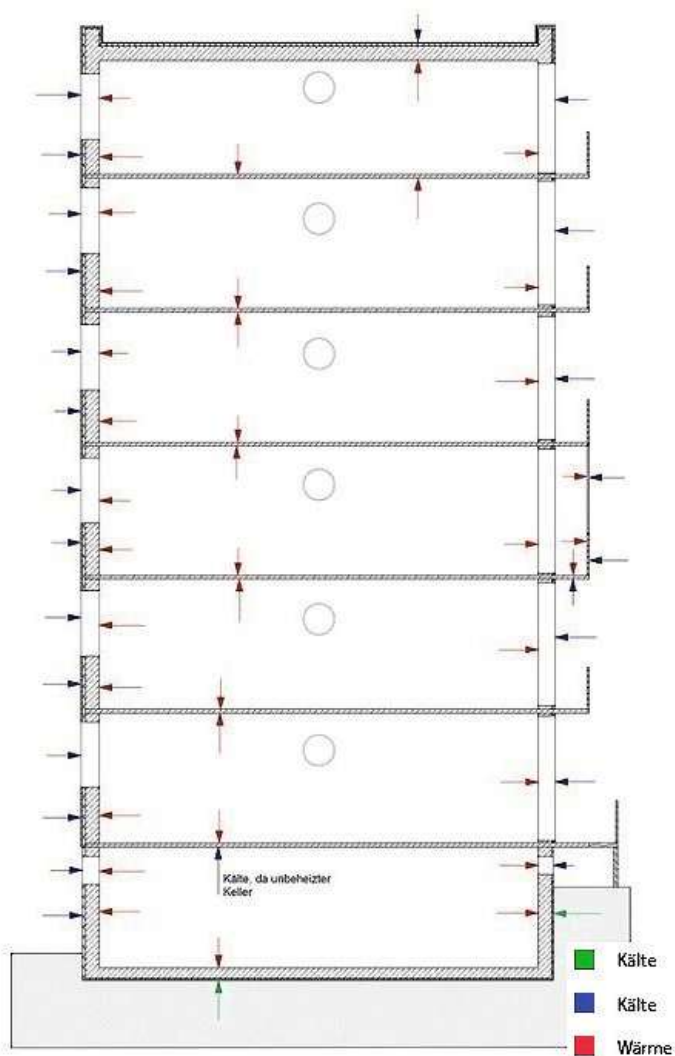
B7 - Treppenhaus (l) - Wohnungstür (r)

# BAUPHYSIKALISCHE BAUTEILANALYSE

Wie bereits erwähnt, gehört das betrachtete Gebäude zum Gebäudetyp HH\_F aus der Studie des Impulsprogramms Hessen „Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie“ und stellt eine der kleineren Ausführungen dieses dar. Typisch für diesen Gebäudetyp sind Objekte mit 5 bis 14 Geschossen, Flachdächern (Warmdach), Wänden in Großtafelbauweise mit Beton-Sandwich-Elementen als Außenwand sowie durchgehend betonierte Geschossdecken und Loggien.

Die hier dargestellte Skizze des Gebäudeschnittes B 8 stellt die Wärmeübertragung (horizontale und vertikale Wärmeströme) innerhalb des Gebäudes sowie der Gebäudehüllflächen dar. Blaue und grüne Pfeile zeigen den Kälte-, rote den Wärmefluss. Für die unbeheizten Kellerräume wird angenommen, dass die Kellerdecke Kälte aufwärts ausstrahlt.

Mit Hilfe einer örtlichen Begehung konnten die für das betrachtete Gebäude passenden Aufbauten, welche in der Studie vorgestellt wurden, ermittelt werden. Alle anderen Bauteile werden manuell bestimmt. Mögliche Folien, Fliesen oder Dampfbremsen werden nicht in die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten und somit in die Bauschichtenauflistung einbezogen, da diese den Wert nur gering verändern und nicht aus den Unterlagen ersichtlich sind. Des Weiteren wird für Dämmungen, welche nicht aus den Bauteilangaben abgeleitet werden können, ein Durchschnittwert für  $\lambda$  - Wert von  $0,09 \text{ W}/(\text{mK})^8$  festgelegt.



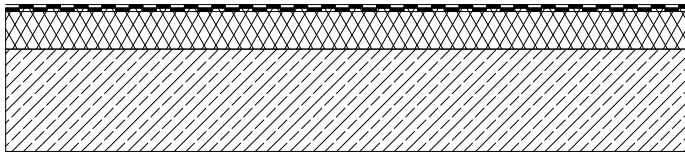
B8 - Wärmefluss Skizze



# HORIZONTALLE ELEMENTE

## DACH

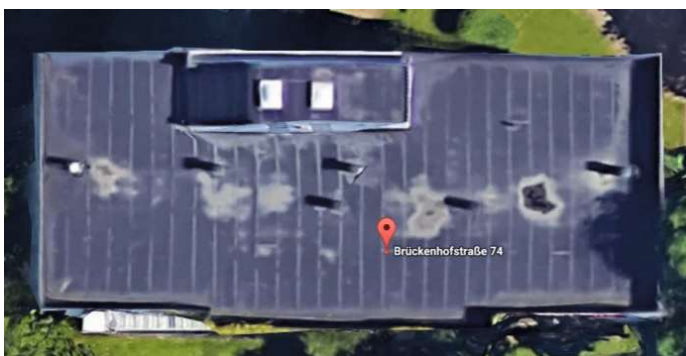
Laut Gebäudetypologie des Impulsprogramms Hessen ist das Dach des Bestandes (HH\_F) ein Flachdach, bei dem zwei Aufbaumöglichkeiten bestehen.



B9 - Dachaufbau HH\_F

Zum einen ein Aufbau mit 24 cm Stahlbetondecke (10 cm Wärmedämmung, Dachhaut und Kiesschüttung) und zum anderen ein leichter mit 15 cm Stahlbetondecke. Es wird nicht spezifisch darauf eingegangen, welcher Baustoff und in welcher Stärke genau als Dachhaut verwendet wurde, sodass davon ausgegangen wird, dass typisch für die 70er Jahre eine Dachhaut aus ECB (Ethylen-Copolimerisat-Bitumen) bzw. Elastomerbahnen verwendet wurde.<sup>9</sup>

Durch die Betrachtung der Satellitenaufnahmen „Google Maps“ kann vermutet werden, dass hier der leichte Aufbau mit 15 cm Stahlbeton Verwendung fand, da keine Kiesschüttung zu erkennen ist.



B10 - Google Maps Satellitenbild

Auch die geringere Spannweite deutet darauf hin, dass hier die schlankere STB-Platte verbaut wurde.

Somit wird für das betrachtete Gebäude folgender Dachaufbau angenommen:

Material, Baustoff (I -A)	d [m]	Bauteilkategorie
Kalkputz	0,007	A1
Stahlbeton (1%)	0,15	A1
Schaumglasdämmung	0,06	A1
Bitumenbahn	-	E

T1 - Dachaufbau Annahme

Bei einem aufwärts gerichteten Wärmestrom ergibt sich laut IWU Studie ein U-Wert<sup>10</sup> von 0,63 W/(m<sup>2</sup>K).

<b>oberste Geschoss- decke</b>		Flachdach, 24 cm Stahlbetondecke + 10 cm WD, Dachhaut + Kiesschüttung	
		Flachdach, 15 cm Stahlbetondecke + 6 cm Schaumglas + Dachhaut	0,63

B11 - Dachaufbau lt. IWU

Die manuelle Berechnung des Bauteils mit den angegebenen Baustoffen zeigt jedoch ein anderes Ergebnis wie in der Tabelle B 11 dargestellt. Hier ergibt sich ein U-Wert von 0,70 (W/m<sup>2</sup>K).

Da davon ausgegangen werden kann, dass die Dämmeigenschaften im Laufe der Zeit, unter anderem durch Umwelteinflüsse, rückläufig sind, wird im Weiteren mit dem selbst ermittelten, schlechteren U-Wert von 0,70 W/(m<sup>2</sup>K) gearbeitet.

# GESCHOSSDECKE

Es konnten keine genauen Informationen zum Aufbau der Geschossdecken (OG) gefunden werden. In den Unterlagen zur Gebäudetypologie des IWU<sup>11</sup> wird das betrachtete Bauteil mit folgenden Angaben aufgeführt:

<b>Fußboden</b> 	(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung Stahlbeton, 2 cm Wärmedämmung, Zementestrich	1,0
---	--	-----

B12 - Aufbau Geschossdecke lt. IWU

Während der Objektbegehung konnte eine Gesamtstärke des Loggia-Bodens von ca. 23cm ermittelt werden. Durch die Angabe, dass das Gebäude durchgehend betonierte Bodenplatten hat, die in den Loggias fortgesetzt werden, kann folglich die Messung der Stärke der STB-Schicht für die Geschossdecke übernommen und zur Schätzung des Bodenaufbaus innerhalb der Wohneinheiten verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Zementestrich eine durchschnittliche Stärke von ca. 4,5cm aufweisen soll. Somit kann geschlossen werden, dass der Aufbau der Geschossdecken sich wie folgt zusammensetzt:

Material, Baustoff	d [m]	Bauteilklasse
Kalkputz	0,007	A1
Stahlbeton (1%)	0,16	A1
Trittschalldämmung	0,02	-
Estrich	0,045	B1
Laminat (mit Flies)	0,02	

T2 - Geschossdecken Aufbau Annahme

Die genaue Berechnung der Geschossdecke ist aus der Tabelle B 14 ersichtlich. Da keine der Wohneinheiten (mit Ausnahme der im EG liegenden und an den Keller grenzenden Wohnungen) über unbeheizten Räumen liegt, ist im Weiteren keine Sanierung der Wohnungstrenndecken vorgesehen und die Ergebnisse können vernachlässigt werden.

# KELLERDECKE

Es konnten folgende Angaben zum Aufbau der Kellerdecke gefunden werden:

<b>Kellerdecke</b> 	<b>Stahlbetondecke mit 4 cm Dämmung unterhalb und Estrich</b>	0,71
--	---	------

B13 - Aufbau Kellerdecke lt. IWU

Zwischen der Darstellung und der Beschreibung des Deckenaufbaus finden sich Widersprüche. Aus der Darstellung kann ein Aufbau (I - A) von Estrich, STB und Dämmung interpretiert werden. Die Beschreibung suggeriert jedoch folgenden Aufbau (I - A): Estrich, Dämmung und STB. Tatsächlich wurde bei der Begehung festgestellt, dass die Kellerdecke an ihrer Unterseite keine Dämmung aufweist und nur in manchen Räumen lediglich gestrichen wurde. Somit wird folgender Aufbau (A - I) angenommen:

Material, Baustoff	d [m]	Bauteilklasse
Stahlbeton (1%)	0,20	A1
Dämmung (Trittschall?)	0,04	-
Estrich	0,045	B1

T3 - Aufbau Kellerdecke Annahme

Laut Tabelle B 16 ergibt sich ein U-Wert von 1,11 W/(m<sup>2</sup>K).

Da für eine Sanierung, die die Energieeffizienz der Wohneinheiten verbessern soll Kellerdecken üblicherweise an der Unterseite gedämmt werden, ist der genaue Aufbau dieser nicht ausschlaggebend. Vorhandene Dämmmaterialien werden an den Decken nicht ersetzt, sondern lediglich durch zusätzlich angebrachte Dämmungen wärmetechnisch verbessert.

Im Weiteren wird mit dem manuell errechneten U-Wert von 1,11 W/(m<sup>2</sup>K) gearbeitet, da auch hier durch die hohe Nutzungsdauer von einer Verschlechterung der Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials ausgegangen wird.

# LOGGIAFUSSBODEN

Der Loggia-Boden ist von Bedeutung, da dieser nicht von der Geschossdecke entkoppelt ist und dadurch eine Wärmebrücke bildet. Es wird davon ausgegangen, dass dieser ebenfalls einen der Geschossdecke ähnlichen Aufbau besitzt, da diese laut Unterlagen durchgehend betoniert ist und sich bis in die Loggien zieht. Während der Begehung konnte festgestellt werden, dass die Unterseite lediglich gestrichen wurde, wobei an vielen Stellen sich die Farbe bereits ablöste. Die Oberkante bildete eine Estrichschicht. Der geschätzte Aufbau kann der Tabelle 9 entnommen werden. Der U-Wert für dieses Bauteil mit dem im Weiteren gearbeitet werden soll, wird auf  $2,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  festgelegt.

# TERRASSE

Im Beispielgebäude wurden zwei Terrassen an die beiden seitlich liegenden Erdgeschosswohnungen angeschlossen. Die Holz-Stahl-Konstruktionen wurden mittels Stahlankern, entkoppelt, an der Südseite des Gebäudes befestigt. Dabei blieben die Loggia-Platten unberührt. Die Terrassen liegen nicht direkt auf dem Erdreich auf, sondern sind auf Stahlstützen aufgestellt. Durch den Zubau ergibt sich keine zusätzliche Wärmebrücke, so dass auch hier von den Werten für die Loggien ausgegangen werden kann.

# VERTIKALE ELEMENTE

## AUSSENWÄNDE

Für die Außenwände können aus der Studie des IWU zwei Aufbaumöglichkeiten herausgelesen werden:

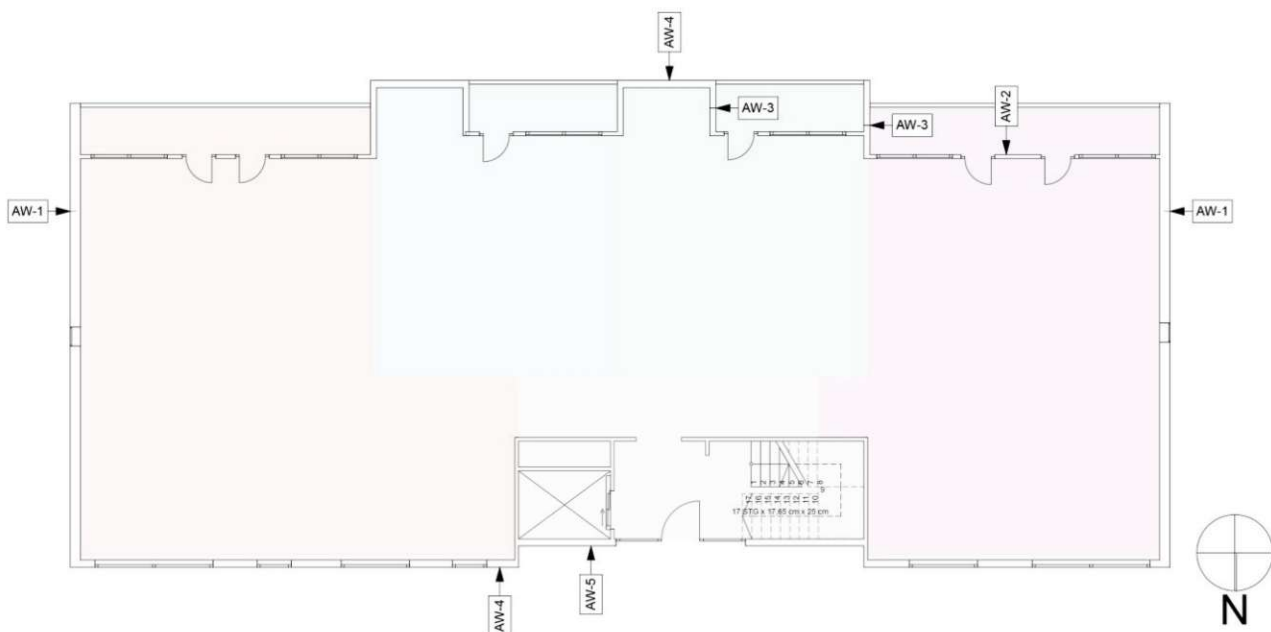
	<b>Beton-Sandwichplatte mit 50 mm Dämmung</b>	<b>0,82- 1,4</b>
	<b>Tragende Betonschotten mit Vorhangfassade und 2 cm Dämmung</b>	<b>1,22</b>

B14 - Außenwand lt. IWU

Es ist ersichtlich, dass in Gebäuden der HH\_F Typologie sowohl Außenwände in Beton-Sandwichplatten-Bauweise als auch einschalige Wände mit vorgehängten Holzlamellen verwendet wurden. Anhand der Schraffuren kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass es sich stets um bewehrte Betonteile handelt.

Da die Außenwände des betrachteten Gebäudes unterschiedliche Stärken und Aufbaumöglichkeiten aufweisen, werden diese im Weiteren als AW-1 bis AW-5 benannt. Ihre Lage und Orientierung kann dem Schaubild B 18 entnommen werden.

Alle Wände des Gebäudes ziehen sich durch alle Regelgeschosse.<sup>12</sup> AW-1, 4 und 5 sind als Beton-Sandwichplatten und AW-3 als Betonschotten mit Vorhangfassade in Form von Holzlamellen ausgeführt. Die AW-2 stellt eine Fensterfront mit Leichtbauelementen sowie Terrassentüren, in die Loggien mündend, dar. Beton-Sandwichplatten sind typische Fertigteilelemente, die im Werk vorgefertigt und an der Baustelle lediglich montiert werden müssen. Diese bestehen üblicherweise aus einer Vorsatzschicht, einer möglichen Luftschicht, einer Wärmedämmschicht und den tragenden STB-Elementen. Weder aus den Skizzen noch aus den Beschreibungen der Studie des Impulsprogramms Hessen, kann eine Luftschicht herausgelesen werden. Aus diesem Grund wird im Weiteren der Studie entnommene und abgeleitete Aufbau betrachtet. Da jedoch aufgrund von näherer Prüfung festgestellt werden konnte, dass eine Hinterlüftung aus Feuchteschutzgründen notwendig ist, wird eine Luftschicht angenommen.

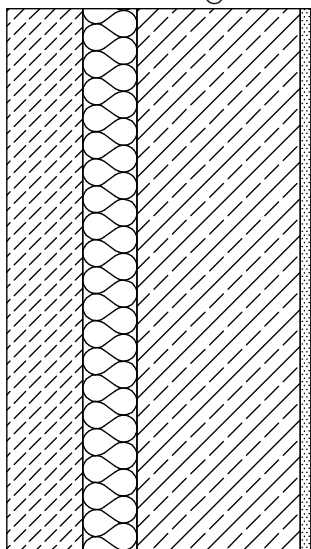


B15 - Lage Außenwände



## AW-1

Die Außenwände (Beton-Sandwichplatten) AW-1 an der Ost- und Westfassade haben eine Gesamtstärke von 27 cm. Da aus der IWU Studie eine Dämmungsstärke von 5cm entnommen werden konnte, wird folgender Aufbau geschätzt:



B16 - Annahme Aufbau AW-1

Laut Tabelle 4 erhält man einen U-Wert von ca.  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , dieser liegt in dem in der IWU Studie aufgeführten Bereich.

Somit wird im Weiteren mit dem manuell bestimmten Wert gearbeitet.

## AW-2

Für die Bestimmung des Aufbaus der AW-2 werden die Werte für einfache Fensterelemente verwendet. Als problematisch gestaltet sich jedoch die Bestimmung des Ug-Wertes, da die in der IWU-Studie aufgeführten Fenster nicht den tatsächlich verbauten entsprechen.

Fenster		
	Isolierverglasung in altem Zweikammer-Kunststoffrahmen (Erneuerung erforderlich)	2,80
	Isolierverglasung in Metallrahmen (gedämmte Profile)	3,30

B17 - Aufbau AW-2 lt. IWU

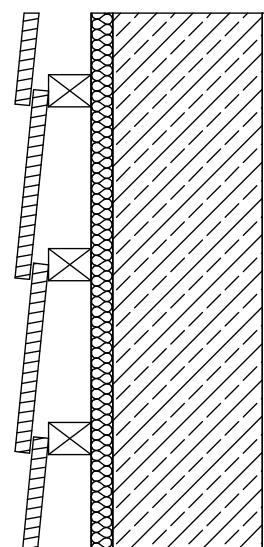
In der Studie wird von Kunststoff- bzw. Metallrahmen ausgegangen. Tatsächlich sind jedoch Holzfenster mit Isolierverglasung und Balkontüren mit großen

Glasbereichen in einer Holz-Rahmenbauwand eingebaut worden. Ein solcher Aufbau findet sich in der IWU-Studie unter der Gebäudetypologie GMH\_F (Seite 67.)<sup>13</sup>. Hier wird von einem Ug-Wert von  $2,57 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen. Diese Elemente werden im Abschnitt Thermographie – Wärmebrückenanalyse aufgenommen und bewertet. Es kann jedoch bereits jetzt davon ausgegangen werden, dass das vollständige Element ausgetauscht werden muss.

## AW-3

Die AW-3 wurden als Betonschotten mit Vorhangfassade ausgeführt. Aus dem vorliegenden Grundriss kann eine Gesamtstärke der Wände von 16 cm herausgelesen werden. Da diese als tragend bezeichnet werden, lässt sich vermuten, dass in den Grundrissen die Konstruktion ohne Vorhangfassade aufgezeichnet wurde.

Es lässt sich im Weiteren folgender Aufbau vermuten:



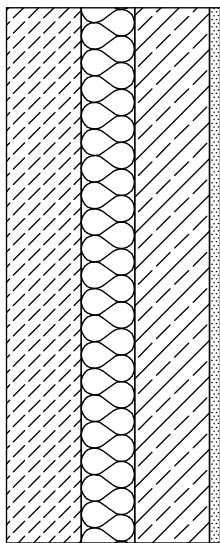
B18 - Annahme Aufbau AW-3

Zwar liegt auch hier lt. Tabelle 5 der ermittelte U-Wert weit über dem in der Studie angegebenen, wird dieser (U-Wert:  $1,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) dennoch für die weitere Bearbeitung verwendet. Als Begründung hierfür ist ebenfalls die Annahme, dass die Dämmqualität rückläufig ist. Die Gesamtstärke des hier geschätzten Aufbaus liegt bei 21,9 cm, wobei die

tragende und dämmende Schicht insgesamt bei 16 cm liegt und somit den aus dem Grundriss entnommenen Angaben entspricht.

## AW-4

Die AW-4 wurde mit Beton-Sandwichplatten ausgeführt und ist 8cm schmaler als die AW-1. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Außenschale sowie die Dämmschicht gleich blieben, wird eine STB Stärke von 7 cm angenommen. Somit sind die AW-4 als nichttragende Elemente anzusehen.



B19 - Annahme Aufbau AW-4

Durch die Minderung der STB Stärke ergibt sich ein U-Wert von  $1,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (siehe Tabelle 6) und verschlechtert sich somit nur gering im Vergleich zur AW-1.

## AW-5

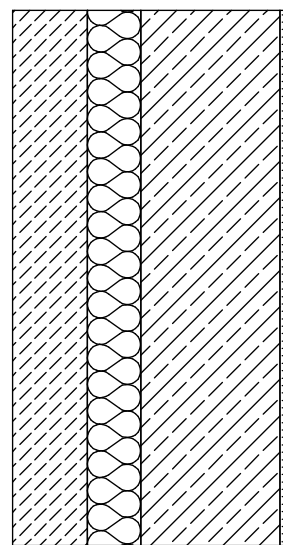
Die AW-5 grenzt an unbeheizte Bereiche des Gebäudes und ist zu ca. 1/3 ganzflächig verglast. Die restliche Fläche grenzt zur Stiege bzw. stellt einen Teil des Aufzugschachtes dar.

Durch Sanierungsmaßnahmen wurde der verglaste Bereich durch bodentiefe Metall/ Aluminiumfenster ersetzt. Dabei beträgt der gemessene Rahmenanteil ca. 15%. (Tabelle 7)

Aufgrund der Berechnung wird ein U-Wert von  $1,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen. Da die Sanierung dieses Bereiches erst vor kurzem stattfand, wird die Fensterfläche

nicht für eine erneute Sanierung betrachtet.

Die restlichen zwei Drittel der AW-5 wurden während der Sanierung von der Betonaußenschale befreit. Es konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, ob dieser Teil der Wand ebenfalls saniert d.h. mit neuer Dämmung versehen oder die Fläche lediglich verputzt wurde. Da jedoch im Allgemeinen sehr sparsam saniert wurde, wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass 2/3 der AW-5, welche laut Grundriss 18 cm stark ist, wie folgt aufgebaut ist:



B20 - Annahme Aufbau AW-5

Laut der Werte aus der Tabelle 7 wird im Weiteren mit dem ermittelten Wert von  $1,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  gearbeitet.

## LOGGIA GELÄNDER

Das Loggia-Geländer stellt ein monolithisches Bauteil dar. Es besteht aus einer 10 cm STB-Platte und ist im Falle einer Verglasung der Loggien bzw. einer Erweiterung der Wohnfläche von Bedeutung. Werte hierfür finden sich in der Tabelle 10.

## FENSTER BAD

Es wird nach Begehung davon ausgegangen, dass es sich bei den neu verbauten Bad-Fenstern (W u. O) um Doppelverglaste PVC Kunststofffenster mit einem Rahmenanteil von 30% handelt.

# FENSTER

An der Nordseite des Gebäudes können zwei unterschiedliche Varianten von Wohnungsfenstern gefunden werden. Für beide Varianten konnte ein Rahmenanteil von 30% ermittelt werden. Die kleinere Variante, die in Küchen, Esszimmer und Abstellräume grenzt sowie die größere Variante, welche in Schlafräume grenzt.

Hier kann ein  $U_w$ -Wert von  $1,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für alle erneuerten Fenster festgelegt werden.



# THERMOGRAPHIE

## WÄRMEBRÜCKENANALYSE

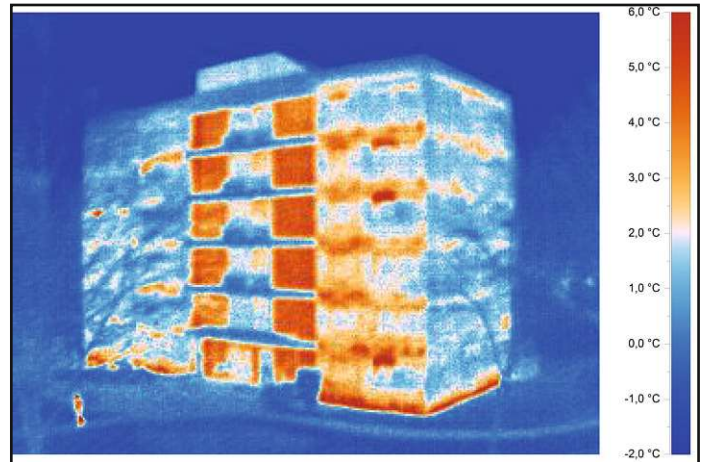
Mittels thermographischer Aufnahmen können wärmetechnische Schwachstellen<sup>14</sup> in Gebäuden ermittelt werden.

Für das in dieser Arbeit behandelte Gebäude konnten Ende März 2020<sup>15</sup> thermographische Aufnahmen aller Fassadenseiten, des Kellergeschosses, der öffentlichen Bereiche im Gebäude und einer Wohnung erstellt werden. Lediglich das Dach konnte nicht geprüft werden, da es keine Möglichkeit bestand dieses zu betreten.

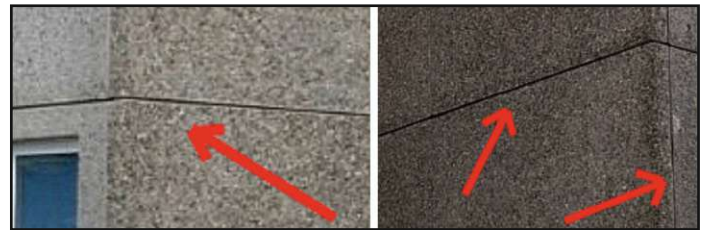
### FASSADE

Betrachtet man die Nordfassade des Gebäudes, so werden die ersten Wärmebrücken sichtbar. Das Bild 24 zeigt deutliche Wärmeverluste im Bereich des Kellergeschosses, der Hausflure sowie zwischen den einzelnen Platten der Beton-Außenschale. Es wird sichtbar, dass sich hier Spalte befinden, durch welche warme Luft nach außen entweichen kann. Diese Lücken befinden sich im Bereich der Decken – Stirnseiten, an denen sich in den Innenräumen das Sockelheizungssystem befindet. Es wird angenommen, dass an diesen Stellen auch die Dämmschicht Lücken aufweist, da die Außenwände als Fertigteile gefertigt wurden. Ist dies der Fall, so sind diese Wärmebrücken und die damit verbundenen Heizwärmeverluste umso gravierender.

Besonders interessant sind die dunkelroten Bereiche in den Regelgeschossen. Diese befinden sich an Stellen, an denen in den Wohneinheiten Radiatoren installiert sind. Man erkennt somit, in welchen Wohnungen die Radiatoren angestellt wurden und in welchen lediglich die Heizleisten heizen.

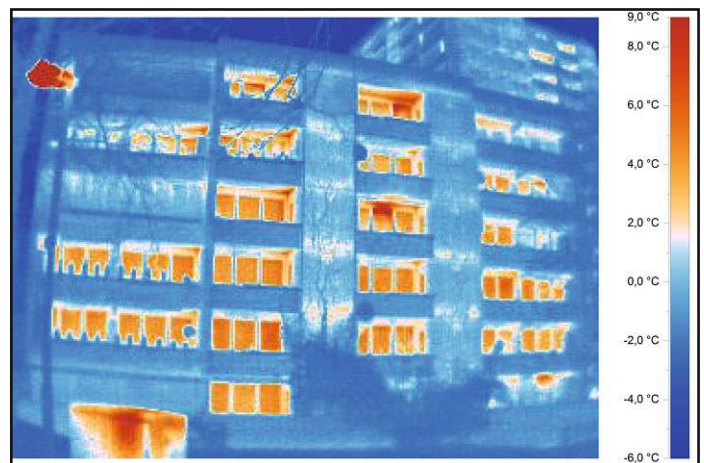


B21 - Nord/West Fassade



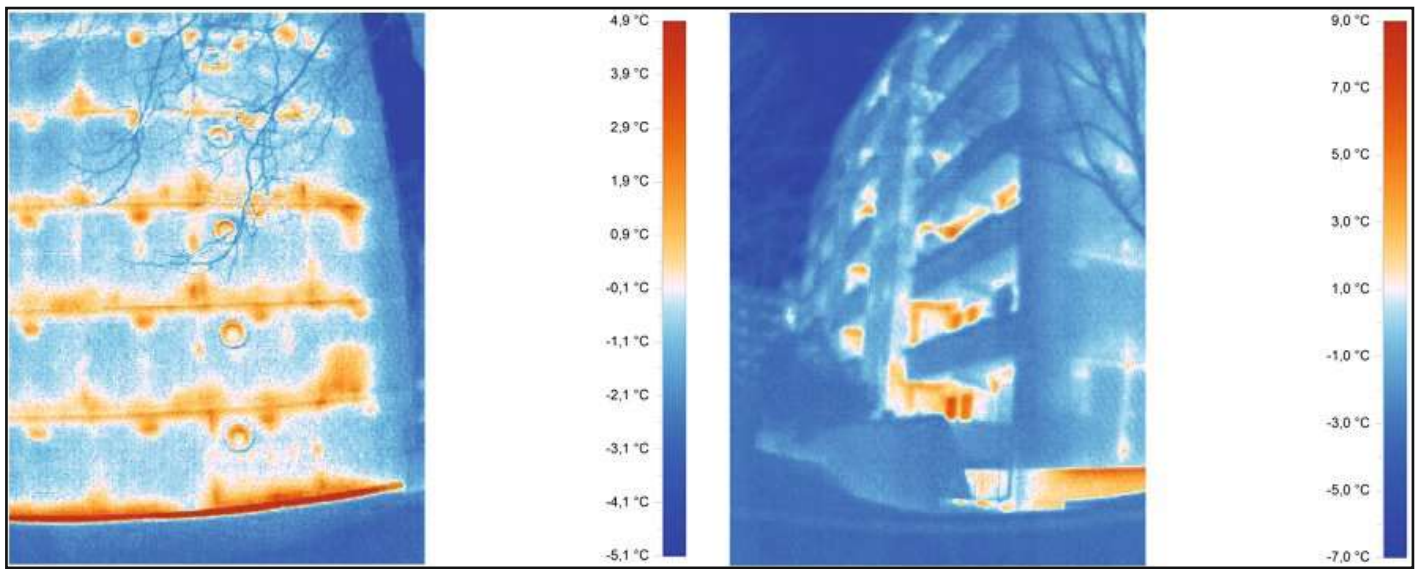
B22 - Horizontale- und vertikale Spalte

Auf der Südseite des Gebäudes ist das Bild ähnlich. Man erkennt zusätzlich, dass die Loggien, welche verglast wurden (linke Seite EG, 3OG und 5OG) eine Art Pufferzone bilden und somit dort der Wärmeverlust geringer ausfällt.



B23 - Süd Fassade

Auch die seitlichen Ansichten B 27 zeigen Verluste an den gleichen Stellen wie in B24. Hier werden die Verluste an der AW-3 sichtbar. Die vorherige Schätzung,



B24 - Ost (l) - Süd-Ost (r)

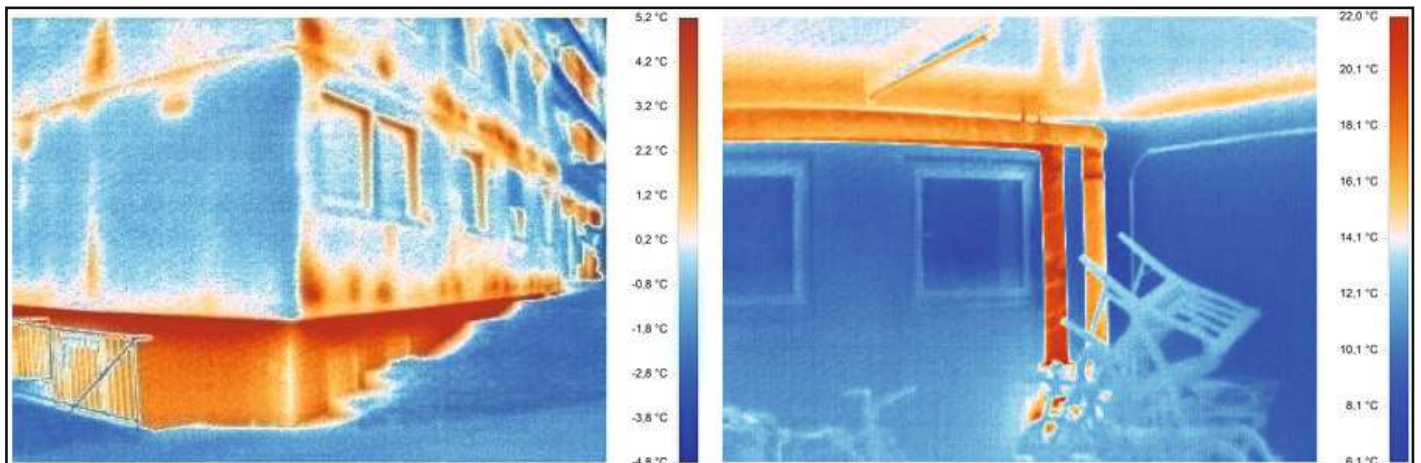
dass dieser Gebäudeteil einen schlechteren U-Wert als die AW-1 (rechts im Bild) besitzt, wird hiermit bestätigt.

## KELLERGESCHOSS

Die Außenwände des Kellergeschosses wurden in der Bauteilanalyse ausgelassen, da für diesen Bereich keinerlei Angaben gefunden werden konnten. Es wird davon ausgegangen, dass der Aufbau ähnlich dem der AW-1, jedoch ohne vorgehängte Betonplatten ausfällt. Da die Sanierung von im Erdreich liegenden Bauteilen größerer Erdarbeiten bedarf und Innendämmung mit einigen Nach-

teilen für den Feuchteschutz verbunden ist, begrenzen sich die Sanierungsvorschläge für das Kellergeschoss im Weiteren lediglich auf die Kellerdecke, da dadurch eine Verringerung der Wärmeverluste in den EG-Wohneinheiten erreicht werden kann.

Dennoch sind die thermografischen Aufnahmen in diesem Bereich interessant. Das Bild 28 l. zeigt den außen gelegenen Kellereingang. Dieser Teil hebt sich wärmetechnisch klar von den Regelgeschossen ab. Deutlich sind die im oberen Bereich, also genau an der Kellerdecke liegenden Wärmeverluste. Bild 28 r. stellt

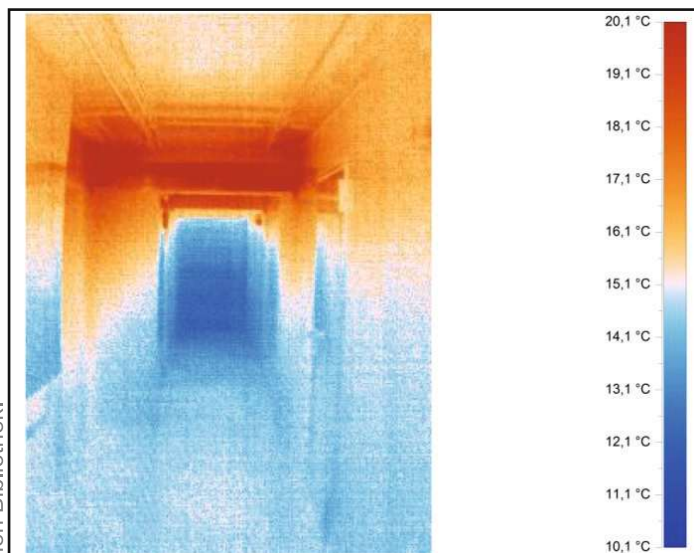


B25 - Keller außen (l) - Keller innen (r) - Eingang Keller (u)

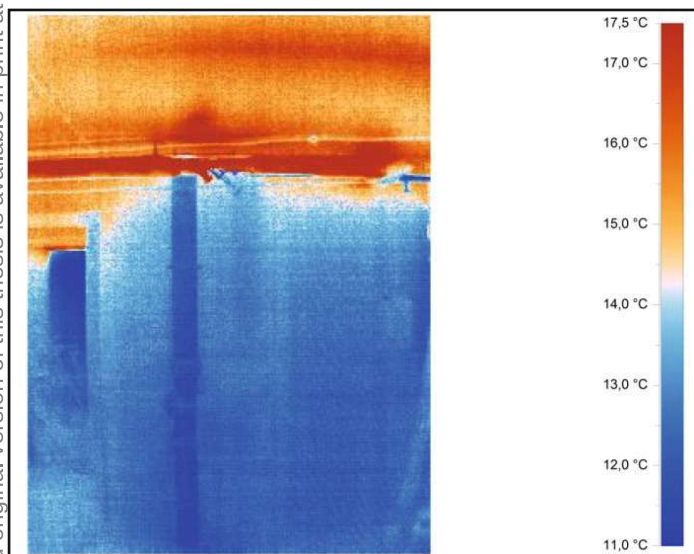




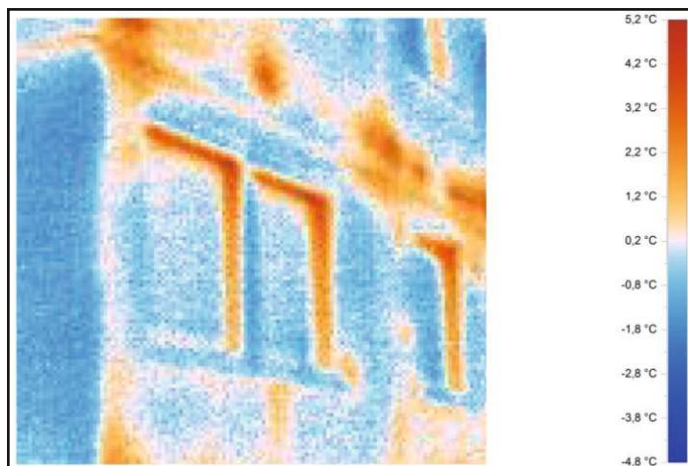
denselben Bereich vom Inneren des Gebäudes dar. Die Leitungen, welche hier klar erkannt werden können, versorgen das Gebäude mit Fernwärme und zeigen, trotz Dämmung, hohe Wärmeverluste. Aus den Bildern der Innenräume B29 u. 30 des Kellers können auch Wärmeverluste der EG-Wohneinheiten an die Kellerdecke beobachtet werden.



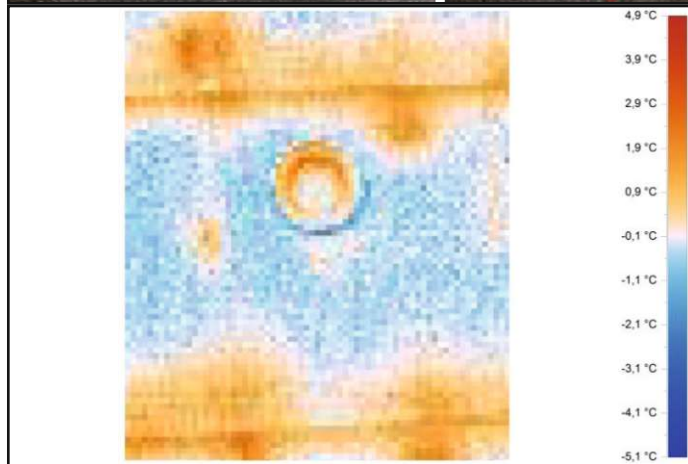
B26 - Kellerdecke 1



B27 - Kellerdecke 2



B28 - Fenster 1



B29 - Fenster 2 Bad

## FENSTER

Die Wärmeverluste an den Fenstern können in zwei Bereiche aufgeteilt werden. Zum einen an den Glas- und Rahmenflächen und zum anderen an den Rollladenkästen. Fensterbänke können in diesem Objekt vernachlässigt werden. Betrachtet man die Fenster im Gebäude, so kann man einige Wärmebrücken entdecken.

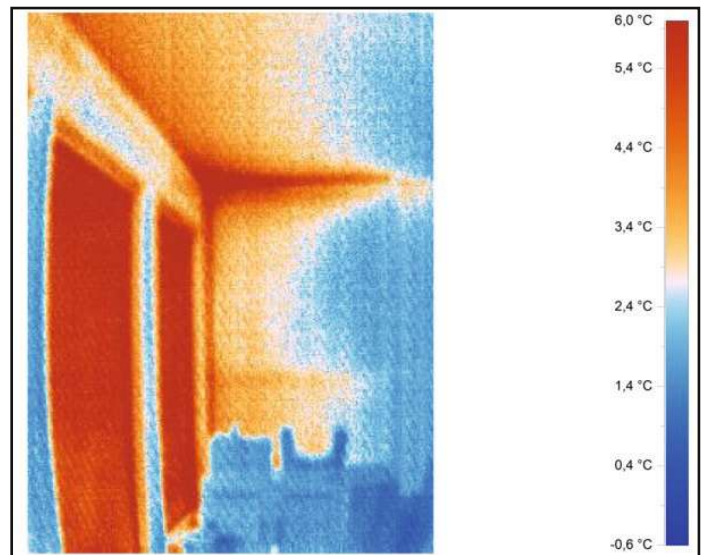
Die bereits vor einigen Jahren ausgetauschten Wohnungsfenster an der Nordfassade B 31 verzeichnen Wärmeverluste. Die Bewohner klagen über Zugerscheinungen im Bereich der Fenster. Dies könnte an der Qualität der PVC-Rahmen liegen. Ein zusätzliches Problem weisen die Rollladenkästen im Erdgeschoss auf. Hier wird im Bild 31 ein höherer Verlust verzeichnet als im unteren Fensterbereich. Zusätzlich können auch durch dauernde Kippstellung der Fenster Wärmeverluste entstehen.

# LÜFTUNGSWÄRMEVER- LUSTE

Die Lüftungswärmeverluste erfolgen in diesem Objekt sowohl über gegen Außenluft gelegene Bauteile als auch über im Gebäude liegende Bauteile. Undichtigkeiten konnten demnach sowohl an den Fenstern und Balkontüren als auch an den Wohnungstüren festgestellt werden. Besonders Bauteile, die seit der Errichtung des Gebäudes in Betrieb sind, weisen große Mängel auf. Deutliche Zugerscheinungen konnten im Eingangsbereich der beiden kleineren Wohnungen beobachtet werden. Hier konnten Abstände von bis zu 1,5 cm zwischen Türunterkante und OK-FFB gemessen werden. Die Eingangstüren der größeren Wohnungen wurden ausgetauscht und weisen keine Mängel auf. Wie bereits beschrieben, weisen die Holzrahmenfenster und die Balkontüren Wärmeverluste auf. Diese wurden seit der Errichtung nicht getauscht oder gewartet. Hier sind nicht nur die einfache Isolierverglasung, sondern auch die undichten Rahmen problematisch. Die zur Abdichtung eingesetzten Schaumstoffbahnen sind abgenutzt und verfehlen ihre abdichtende Wirkung.

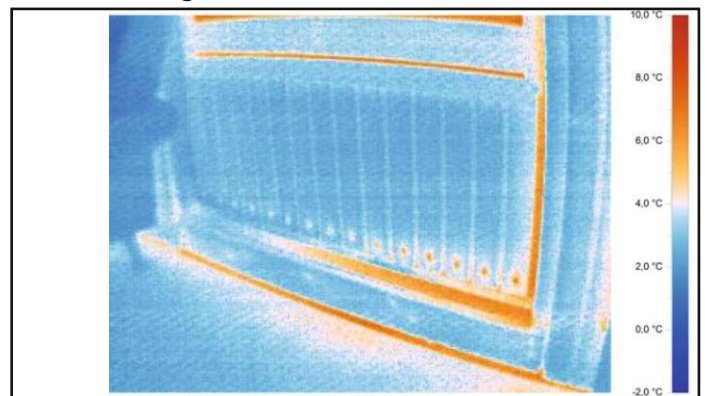
## LOGGIA

In den Loggien können mehrere Schwachstellen beobachtet werden. Zum einen die AW-2, welche eine Rahmenbauwand mit Fenstern und Balkontüren darstellt, und nicht zusätzlich gedämmt wurde und zum anderen die AW-3, die durch ihren schlechten U-Wert Wärmeverluste für die angrenzenden Wohnungen darstellt. Zusätzlich ergeben sich Verluste entlang der Loggia-Deckenplatten. Bild 33 zeigt die AW-2 (links) und die AW-3, die in diesem Fall nicht an die Nachbarwohnung, sondern lediglich an die benachbarte Loggia grenzt. Hier wird eindeutig, dass an der Verbindungsstelle der AW und der Geschosdecke ein hoher Wärmeverlust entsteht. Besonders interessant ist, dass die AW zur Nachbarloggia

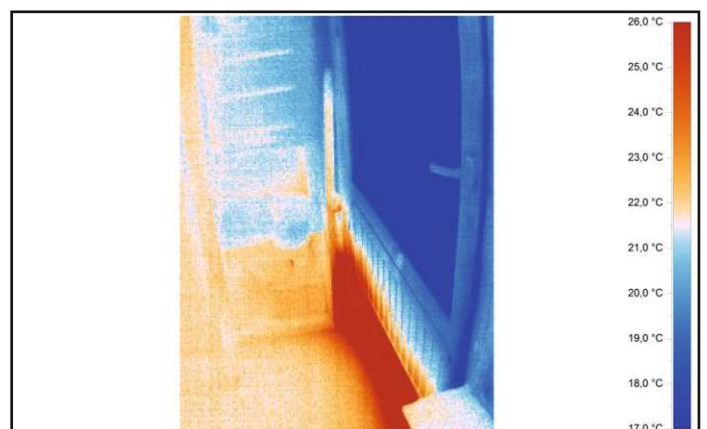


B30 - Loggia - AW-3

durch hinterlüftete Holzlatten geschützt ist. Gut erkennbar ist die Qualität der Loggiatüren und deren Dichtheit. Entlang der Türkanten werden hohe Verluste angezeigt. Auch die Wärme der Heizleiste kann frei entweichen. Als Vergleich wird hier dieselbe Balkontür von innen dargestellt. Während die Bilder aufgenommen wurden, war der unter der Fensterbank versteckte Radiator nicht in Betrieb. Die hier zu erkennende Wärmeleistung wird lediglich durch die Heizleiste gewährleistet.



B31 - Loggia - Tür außen

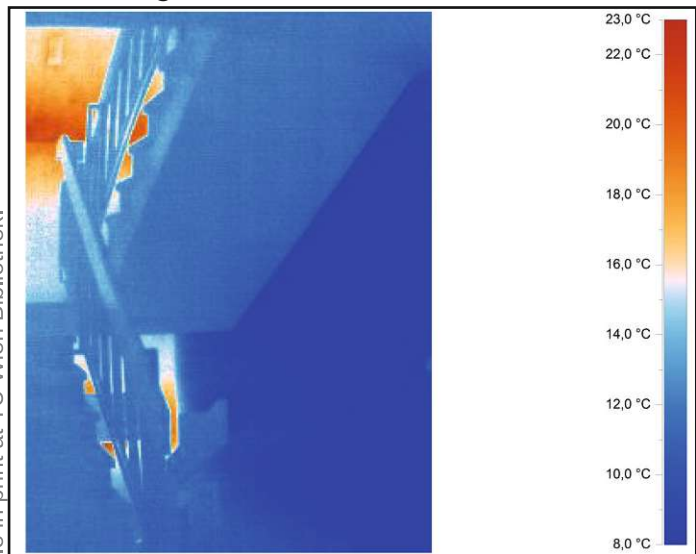


B32 - Loggia - Tür innen

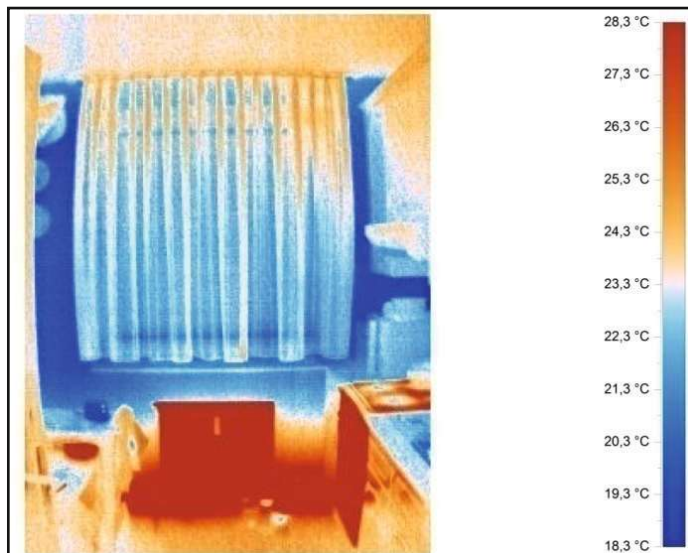


## STIEGE

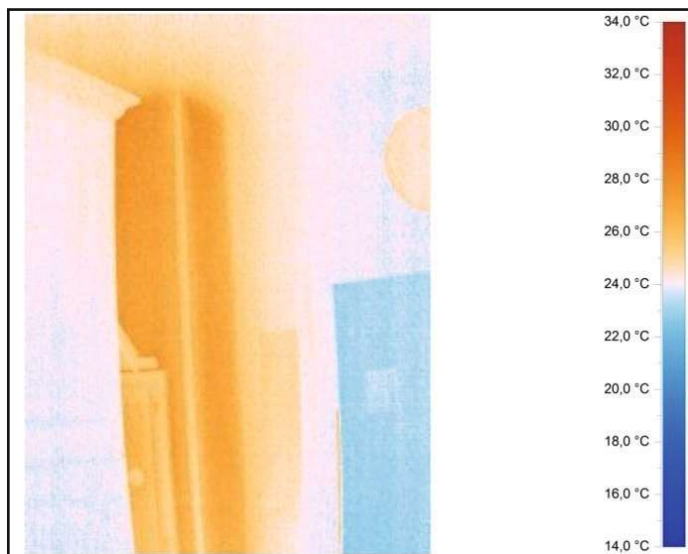
Die Stiege liegt im unbeheizten Bereich des Gebäudes gegenüber dem Fahrstuhl. Sie grenzt mit dem Podest an die im Westteil liegende 3-Zimmer-Wohnung. Auch hier können Wärmeverluste an den Geschossdecken festgestellt werden. Interessanterweise befinden sich in diesen Bereichen keine Heizleisten, sondern die Einbauküchen der Einwohner. Daher wird davon ausgegangen, dass die hier sichtbaren Verluste von den Warmwasserleitungen stammen können.



B33 - Stiege



B34 - Küche - AW-4

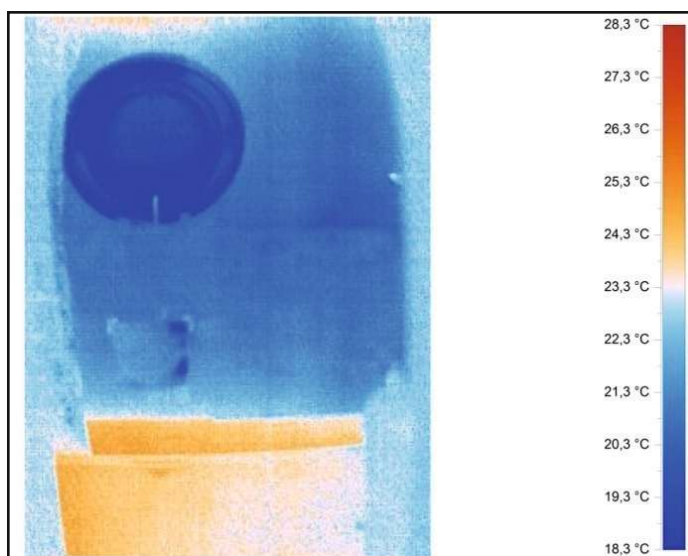


B35 - Küche - Schacht

## WOHNUNG

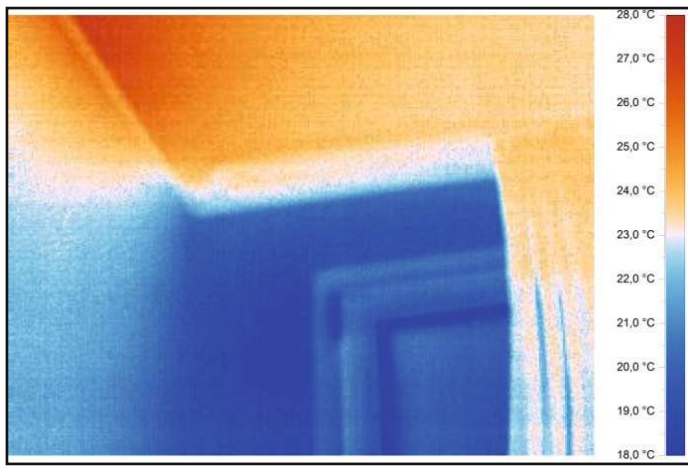
Die Thermografieaufnahmen in den Wohnungen sind lediglich für die Darstellung der schlechten U-Wert Ergebnisse und der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Wohngeschossen von Nutzen. Bilder B 37 und B 38 zeigen die Lage in der Küche. Zur Zeit der Aufnahme wurde der Backofen verwendet, jedoch nicht der Radiator. Hier wurde die Raumwärme durch den Ofen sowie die Heizleiste erzeugt. Auch die Aufnahme des Schachtes in der Küche zeigt Mängel in seiner Isolation durch fehlende Dämmung.

Das Bild B 39 des Badezimmers zeigt die Wärmestrahlung der durch die Badewanne verdeckten Heizleiste – sowohl an der beheizten Wand als auch an der Geschossdecke.

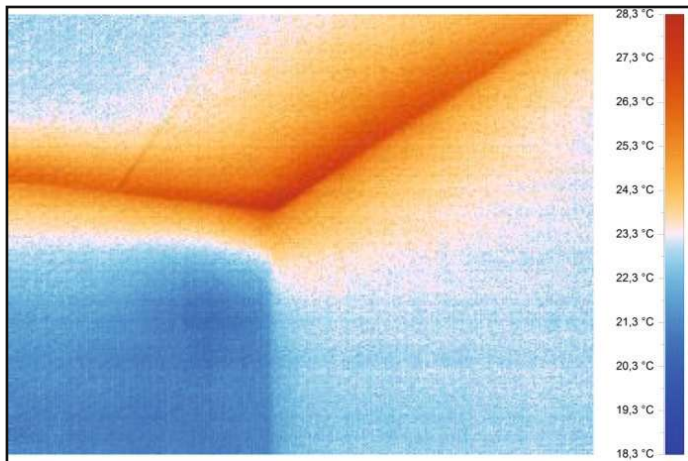


B36 - Bad

In den Bildern B 40 und B 41 des Wohn- und Schlafzimmers kann sehr gut beobachtet werden, wie stark die Wärmeabgabe über die Wohnungstrenndecke ist.



B37 - Wohnzimmerdecke



B38 - Schlafzimmerdecke

Im Allgemeinen waren die Rückmeldungen der Hausbewohner bezüglich der Raumtemperaturen positiv. Viele der Einwohner haben angegeben, überhaupt nicht heizen zu müssen, da die Heizleisten sich im Dauerbetrieb während der Heizperiode befanden und durch warme Böden das Raumklima im erträglichen Bereich lag. Lediglich die Bewohner der kleineren Wohneinheiten gaben an, dass am Ende der Heizperiode es in ihren Räumlichkeiten zu warm war und sie stets lüften mussten. Diese Probleme hatten die Bewohner der großen Wohnungen nicht. Trotzdem ging die Nachfrage in Richtung manueller Abschaltung der Heizleisten pro Wohneinheit und soll auch in den Eigentümerversammlungen immer wieder Thema sein.

# DURCHGEFÜHRTE SANIERUNGSMASSNAHMEN

Es konnten keine Unterlagen gefunden werden, in denen die genauen Daten sowie die Art der Sanierungsmaßnahmen aufgeführt wurden. Auch auf Nachfragen wurde seitens der Hausverwaltung nicht eingegangen, somit können nur ungenaue Angaben der Maßnahmen getroffen werden.

Wie bereits beschrieben, wurde ca. 2004 mit den Sanierungsmaßnahmen begonnen. Zunächst wurden die einfach verglasten Holzrahmenfenster an der Nordfassade durch PVC-Fenster mit Zweifachverglasung ersetzt. Rund zwei Jahre später wurden runde PVC-Fenster in die Bäder der seitlich gelegenen Wohnungen eingebaut. Laut Aussage des ehemals zuständigen Hausmeisters (GWH-Mitarbeiter) wurde die Wärmeversorgung von Gas auf Fernwärme umgestellt und zeitgleich das Dach saniert. Bestandteil dieser Arbeiten sollte der Einbau eines Wärmetauschers und einer neuen Dachhaut gewesen sein. Die Dämmung soll dabei nicht erneuert und auch nicht verstärkt worden sein. Um 2008 wurden die öffentlichen Bereiche des Gebäudes saniert. Dabei wurden die Fensterfront und auch die Eingangstür erneuert. In den Loggien wurden die Decken und Geländer gestrichen.

Die Arbeiten an den Loggien seitens der Eigentümer konnten zeitlich nicht zurückverfolgt werden.

Die Heizungsanlagen, Leitungen und andere der Versorgung dienlichen Bestandteile wurden seit 1970 nicht erneuert.



# SANIERUNG NACH ENERGIEEINSPARVERORDNUNG (ENEV2014\*)

Im Folgenden werden derzeit übliche Sanierungsmaßnahmen unter Einbeziehung der EnEV2014 für das betrachtete Gebäudebeispiel vorgestellt.

Die Energieeinsparverordnung enthält Vorgaben und Hinweise zur Heizungs- und Klimatechnik sowie zum Wärmedämmstandard von Neubauten und Bestandsgebäuden. Da das hier betrachtete Gebäude bereits auf die Fernwärmeversorgung umgestellt wurde, entfallen die Sanierungsmaßnahmen der Heizungs- und Klimatechnik.

Für die Sanierung, d.h. die Änderung von Außenbauteilen im Bestandsbau, gelten Anforderungen<sup>16</sup> aus Tabellendarstellung B42 (im betrachteten Gebäude nicht relevante Bauteile grauunterlegt):

Zum Vergleich wurden rechts die ermittelten Werte für den Bestand angefügt. Es wird ersichtlich, dass das Bestandsgebäude die Mindestanforderungen aus der EnEV 2014 nicht erfüllt. Auch die nachträglich eingebauten Fenster können als mangelhaft angesehen werden. Somit werden für alle beschriebenen Bauteile<sup>17</sup> Sanierungsmaßnahmen vorgestellt.

Bauteil	Mind. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Bestand [U-Wert: W/(m <sup>2</sup> K)]
Außenwand	0,24	1,2-1,74
Fenster (U <sub>w</sub> )	1,30	1,70-2,57
Dachflächenfenster	1,40	
Sonderverglasung	1,10	
Dachschräge/ Steildach	0,24	
Oberste Geschossdecke	0,24	
Flachdach	0,20	0,70
Wände/ Decken gegen Unbeheizt (auf unbeheizter Seite)	0,30	1,11
Wände/ Decken gegen Unbeheizt (auf beheizter Seite)	0,50	
Decken gegen Außenluft (Wärme-/Kältestrom vertikal)	0,24	

T4 - EnEV2014

# GÄNGIGE SANIERUNGSMASSNAHMEN<sup>18</sup>

## AUSSENWAND

Es gibt unterschiedliche Arten von Außenwänden, für welche im Allgemeinen die Dämmmaßnahmen in zwei Kategorien eingeteilt werden können. Zum einen kann von außen und zum anderen von innen gedämmt werden. Dabei ist die äußere Dämmung nicht nur bauphysikalisch besser – sie hat ferner den großen Vorteil, dass die Nutzfläche der Räume nicht negativ beeinträchtigt wird. Ordnet man die Dämmung innen an, so wird die Außenwand kälter, was im Winter dazu führen kann, dass Hausinstallationsleitungen einfrieren. Auch im Bereich des Feuchteschutzes können Probleme entstehen, was sogar zur Bildung von Schimmel führen kann.

Wie bereits bestimmt, findet man im Beispielgebäude zwei Arten von Außenwänden. Zum einen Wände in Beton-Sandwichplatten-Bauweise und zum anderen einschalige Wände mit vorgehängten Holzlamellen. Erstere grenzen an keine fremden Bereiche (Loggien) und können problemlos von außen gedämmt werden. Letztere grenzen jedoch nahezu immer an benachbarte Loggien. Aus diesem Grund kann eine außenliegende Ergänzung der Dämmung problematisch sein.

Im Weiteren wird in beiden Fällen versucht, die Sanierungsmaßnahmen an der Außenseite durchzuführen und so platzsparend wie möglich zu arbeiten.

## FLACHDACH

Flachdächer werden im Allgemeinen in zwei Kategorien aufgeteilt, belüftete und unbelüftete.

Das im Beispielgebäude vorliegende Dach ist ein Warmdach und gehört somit zu den unbelüfteten Dächern. Bei dieser Art von Dächern kann sowohl innen als auch außen nachgerüstet werden. Entscheidet man sich für die Innendämmung, so geht diese mit Verlusten im Bereich der Raumhöhe einher.

Des Weiteren muss entschieden werden, ob die vorhandene Dachhaut beibehalten und gegebenenfalls ausgebessert oder zusammen mit der vorhandenen Dämmung abgetragen werden soll.

Da die vorhandene Dämmschicht in Laufe der letzten Sanierungsmaßnahmen nicht ausgetauscht wurde, ist diese bereits 50 Jahre alt. Bei den meisten Dämmmaterialien geht man von rund 50 Jahren Nutzdauer aus, somit kann ein kompletter Austausch sinnvoll sein.

## KELLERDECKE

Für die Kellerdecke gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen eine Dämmung der Unterseite, d.h. innerhalb der unbeheizten Räume und zum anderen oberhalb, d.h. innerhalb der beheizten Räume (Wohnungen). Die zweite Variante geht mit einer Verringerung der Raumhöhe einher und ist auch mit Unannehmlichkeiten für die Bewohner verbunden.

Da die Raumhöhe im Kellergeschoss des betrachteten Gebäudes es problemlos zulässt, die Kellerdecke von unten nachträglich zu dämmen, wird im Weiteren diese Option betrachtet.

# DÄMMMATERIALIEN

Um die durch die EnEV vorgegebenen Werte zu erreichen, werden die vorher vorgestellten Bauteile gedämmt. Hierfür muss sich im Vorfeld für passende Dämmstoffe und Ausführungen entschieden werden. Dabei wirkt sich die Dämmschicht nicht nur auf die Wärme-, sondern auch auf den Schallschutz aus. Im Allgemeinen spricht man davon, dass je geringer die Rohdichte  $[p]$  des Dämmstoffes ist, desto besser seine Dämmeigenschaft  $[\lambda]$ . Dem gegenüber steht jedoch die Annahme, dass je höher die

Rohdichte  $[p]$  des Dämmstoffes ist, desto besser der Schallschutz sein wird. Durch diese Leitsätze erschwert sich die Auswahl des passenden Dämmstoffes um einen weiteren Faktor (Schallschutz).

Für die Betrachtung stehen folgende mineralische, synthetische, sowie auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Dämmstoffe zur Auswahl:

Bezeichnung	Produkt	$\lambda$ [W/(mK)]	$p$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Bauteilklasse <sup>1</sup>
EPS1	Alsitherm EPS 032 Carbon	0,032	15,70	B1/E
EPS2	EPS-Hartschaum (grau) mit Wärmestrahlungsabsorber	0,031	16,60	B1/E
EPS3	EPS-Hartschaum (Styropor) für Decken Böden und als Perimeterdämmung BP-035	0,035	25,90	B1/E
EPS4	EPS-Hartschaum (Styropor) für Wände und Dächer WD-035	0,035	22,70	B1/E
Holzfaser1	FLEX Holzfaserdämmstoff (weich)	0,038	50,00	?/E
Holzfaser2	Holzfaserdämmstoffe im Trockenverfahren 110-200 kgm (hart)	0,044 (0,039) <sup>2</sup>	200,00	?/E
Mineralwolle1	Mineral Plus 034-035 Slabs	0,034	19,50	?/A1
Mineralwolle2	Mineral Wool 034-035 Slabs	0,034	19,50	?/A1
Schaumglas1	FOAMGLAS W+F und FOAMGLAS T3+	0,038	100,00	?/A1
Schaumglas2	GLAPOR Schaumglas	0,052	120,00	?/A1
Steinwolle1	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im hohen Rohdichtebereich	0,032-0,035	155,00	?/A1
Steinwolle2	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	0,032-0,035	96,00	?/A1
Steinwolle3	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im niedrigen Rohdichtebereich	0,032-0,035	39,00	?/A1
XPS1	XPS Foam Insulation Jackodur plus	0,025	38,40	?/E
XPS2	Extruded Polystyrene (XPS) Foam Insulation with halogen free blowing agent	0,030	33,00	?/E

<sup>1</sup> DIN 4102/ DIN EN 13501

<sup>2</sup> Vergleichbare Holzfaserplatte - STEICOprotect L dry

Zunächst wird die Bauteilklasse und somit das Brandverhalten im Falle eines Brandes betrachtet. Dabei ist nachvollziehbar, dass mineralische Stoffe hier am besten abschneiden. Der Bauteilklasse A1 lt. DIN EN 13501 gehören somit Mineralwoll-, Schaumglas- und Steinwollplatten an.

Im nächsten Schritt wird die Wärmeleitfähigkeit (Bild B 44) betrachtet. Als besonders vorteilhaft erscheinen die Steinwollplatten der Firma ROCKWOOL mit ca. 0,035 W/(mK). Ignoriert man jedoch die sehr gute Bauteilklasse, so steht die XPS Platte „Jackodur plus“ mit sehr guten 0,025 W/(mK) an erster Stelle. Für Bereiche, an denen möglichst schmale Platten verbaut werden sollen, erscheinen die XPS Platten somit als gute Alternative, auch wenn diese in ihrem Brandverhalten schlechter ausfallen.

Vergleicht man die drei Varianten nun aus schalltechnischer Sicht, so fällt einem auf, dass die Steinwollplatten mit höherer Rohdichte in diesem Vergleich am besten abschneiden.

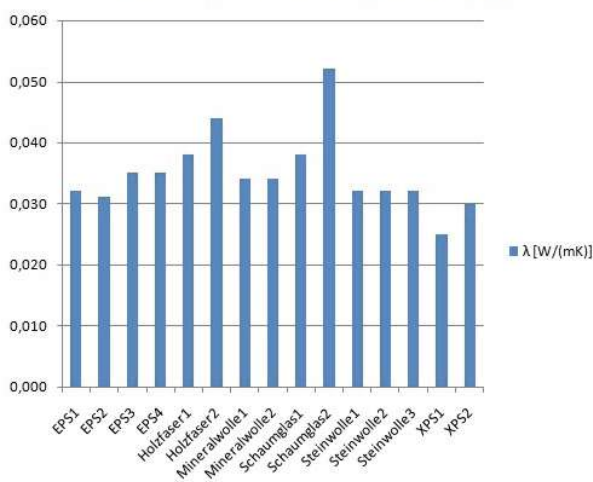
Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die anfallenden Materialkosten der jeweiligen Dämmmaterialien. Es muss darauf hingewiesen werden, dass ein Preisvergleich sehr schwierig ist, da es auf dem Markt eine Vielzahl an Anbietern gibt, welche die Produkte zu unterschiedlichen Preisen anbieten. Zusätzlich können mögliche Rabatte hier nicht einkalkuliert werden. Somit können Preise nur in Bezug auf bestimmte Produkte und Materialstärken bezogen und ermittelt werden.

Den letzten Faktor im Dämmstoffvergleich stellt die Ökobilanz dar. Hierbei wird sich auf die Ergebnisse aus der Ökobilanz für die Umweltauswirkungen und den Ressourceneinsatz von 1 m<sup>3</sup> Dämmstoff über einen Zeitraum von ca. 40 Jahren bezogen.

Betrachtet wurden das Produktionsstadium [A1-A3], das Stadium der Errichtung des Bauwerks [A4], das Entsorgungsstadium [C4] und die Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze [D].

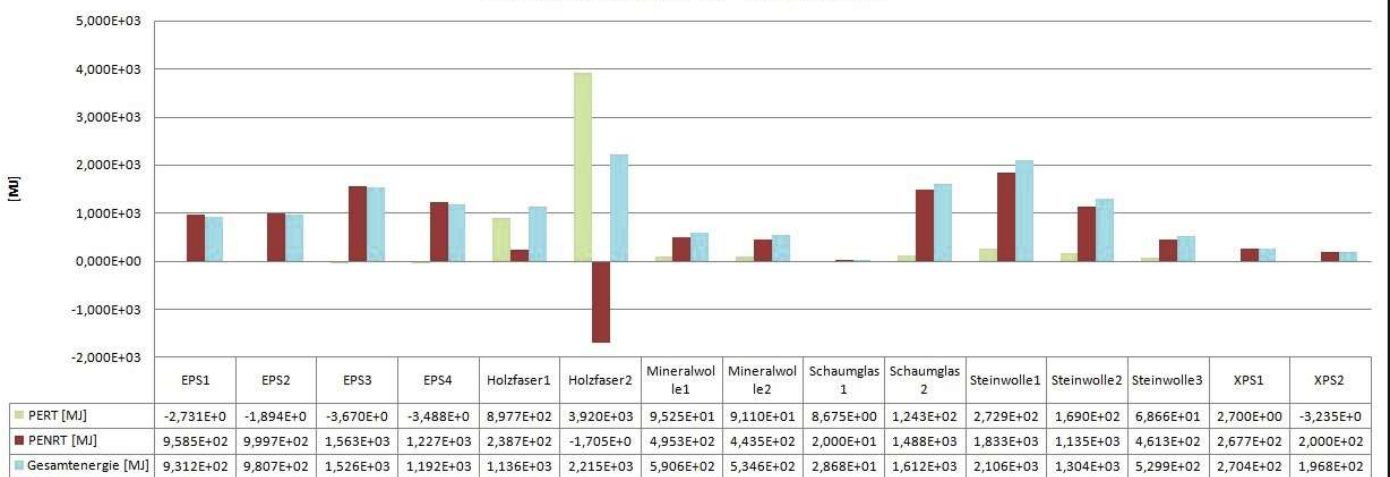
Siehe hierfür die Darstellung B 45.

Dämmstoffe - Dämmeigenschaft [λ]



B39 - Dämmeigenschaft

Energiebedarf (A1-D) - Dämmstoffe



B40 - Energiebedarf von Dämmstoffen



Zunächst wurde der Energiebedarf der Dämmstoffe über ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet. Lediglich einer der Stoffe, nämlich die „Holzfaser 2“ (Holzfaserdämmstoffe im Trockenverfahren) weist einen negativen Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien auf. Verwunderlich ist es insofern, als dass der Vergleichsstoff „Holzfaser1“ (FLEX Holzfaserdämmstoff) einen insgesamt geringeren Gesamtenergieverbrauch aufweist und einen positiven PENRT Wert hat.

Im Allgemeinen muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass alle Werte aus veröffentlichten EPDs des Institutes Bauen und Umwelt e.V. bzw. ÖKOBAUDAT bezogen wurden. Die dazugehörigen EPDs und Excel Tabellen werden der Arbeit beigelegt.

Die derzeitigen Favoriten Steinwolle 1 - 3 sowie XPS1 weisen durchschnittliche Werte im Vergleich zu den anderen Dämmstoffen auf. Darunter bedarf XPS1 weniger Energie in der Gesamtbetrachtung, wobei überwiegend nicht erneuerbare Primärenergie zum Einsatz kommt.

Vergleicht man hier die Variationen der Steinwollplatten, so verwundert es einen nicht, dass je geringer die Rohdichte, desto geringer auch der Gesamtenergiebedarf ausfällt.

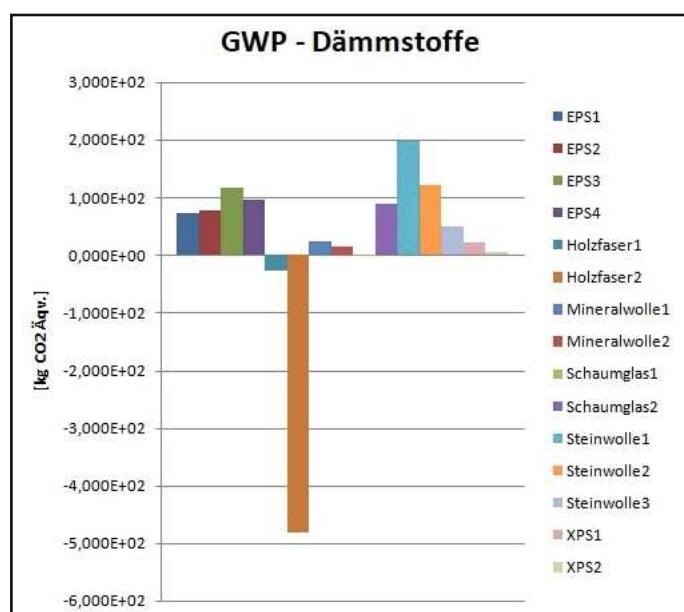
Auffallend waren die Ergebnisse der energetischen Bewertung von Schaumglas 1 und 2. Das Produkt Nr. 2 bedarf nicht nur an enorm viel Energie, sondern schneidet auch im Vergleich der Dämmeigenschaften viel schlechter ab. Dies zeigt sich dann jedoch auch im Preis, Schaumglas 2 (GLAPOR Schaumglas) ist um einiges günstiger als das erste Produkt (FOAMGLAS W+F und FOAMGLAS T3+). Im allgemeinen Vergleich fallen die Holzfaserdämmstoffe besser aus, da diese überwiegend auf erneuerbare Energien setzen.

Im Weiteren werden mögliche Auswirkungen der Baustoffe auf die Umwelt betrachtet.

Aus diesem und den folgenden Diagrammen geht hervor, dass auch hier die Holzfaser mit auffälligen Minuswerten in fast allen Bereichen am besten abschneidet.

Im Vergleich des GWP (Global warming potential) - B 46, weisen nur die Holzfaser1-2 einen negativen relativen Beitrag zum Treibhauseffekt vor. Ferner finden sich Schaumglas 1 und XPS2 im sehr niedrigen GWP Bereich wieder.

Steinwolle 1, der bisherige Favorit im Hinblick auf die Bauphysik, weist den höchsten Wert in diesem Vergleich auf.

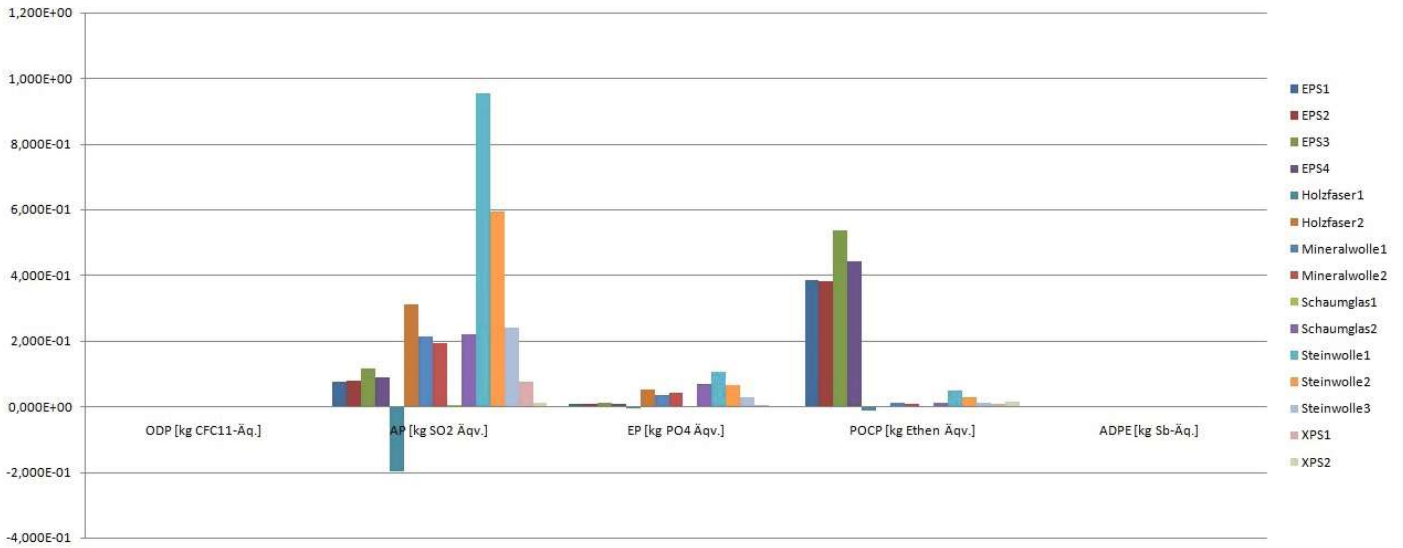


B41 - GWP (AI-D)

Auch in den Bereichen des AP (dem Versauerungspotenzial von Boden und Wasser) sowie des ADPF (Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe) - B 47, schneidet die Steinwolle am schlechtesten ab. Vergleicht man die Variationen der Steinwollplatten untereinander, wird auch hier ersichtlich, dass je geringer die Rohdichte, desto besser auch die ökologischen Werte ausfallen. Des Weiteren ist es interessant, dass die einigermaßen positive Bewertung von EPS im Bereich des POCP (Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon) die weit höchsten Werte aufweist. Auch im Bereich des ADPF ist EPS, zusammen mit der Steinwolle und Schaumglas, eine der Spitzenreiter.

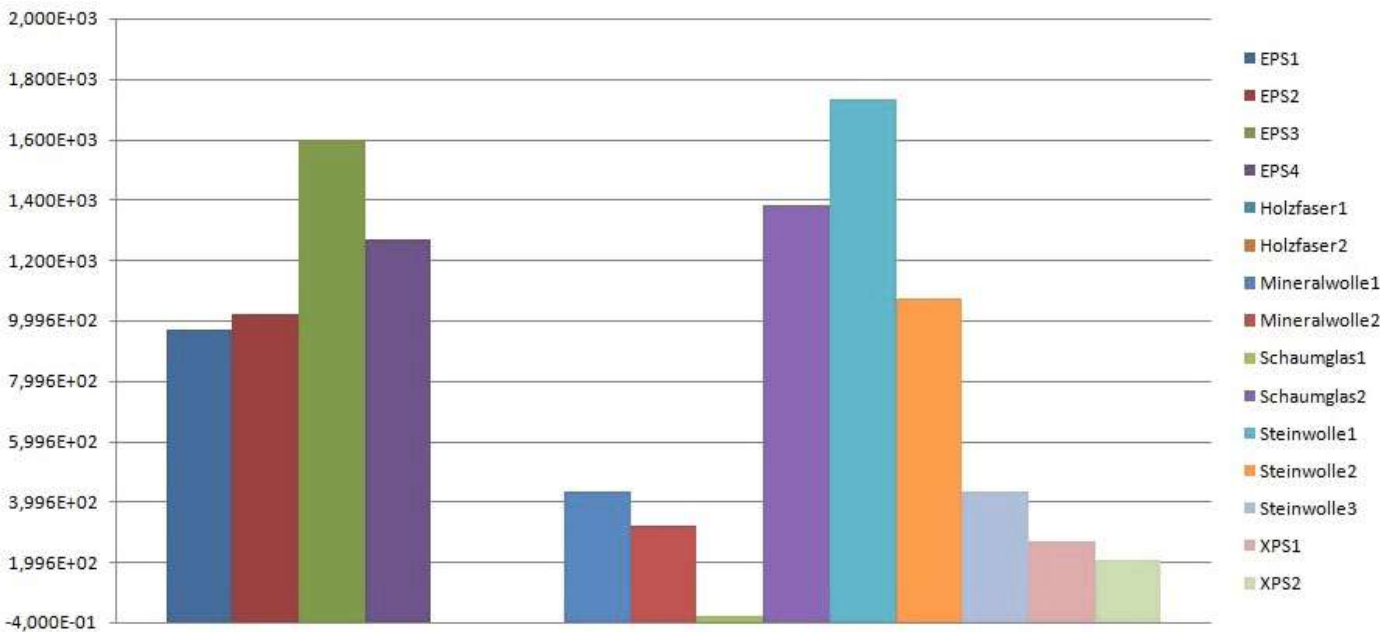


### Umweltauswirkungen - Dämmung



B42 - Umweltauswirkungen (A1-D)

### ADPF [MJ]- Dämmung



B43 - ADPF - Dämmung (A1-D)

Abschließend kann festgehalten werden, dass der bauphysikalische Favorit Steinwolle 1 im ökologischen Vergleich durchfällt. Als klar ökologisch vorteilhaft kann die Holzfaser 1 betrachtet werden, wobei auch Schaumglas 1 und die XPS Platten gute Werte aufweisen.

Nachrüstung eines Gebäudes in Form von Dämmung auch aus ökologischer Sicht belegt.

Aufgrund der doch sehr unterschiedlich ausfallenden Dämmeigenschaften und der dadurch unterschiedlichen Dämmstoffstärken, kann die abschließende ökologische Bewertung erst nachfolgend bei der genauen Analyse der Baustoffe vollständig überprüft werden.<sup>19</sup>

Wichtig an dieser Stelle anzumerken ist, dass unabhängig davon, um welche Art von Dämmstoff es sich handelt, die positiven Auswirkungen auf den Energieverbrauch (Heizung/Kühlung), den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Gebäudes schlussendlich verbessert und somit die Notwendigkeit einer energetischen

Mit Hilfe einer Evaluierungsmatrix, können zunächst die vorgestellten Dämmstoffe miteinander verglichen werden. Im ersten Schritt, wird lediglich nach den Werten der EnEV2014 ausgewählt. Hier sind die bauphysikalischen Werte wie der Wärmeschutz (Wärmeleitfähigkeit), Brandschutz (Bauteilklasse) sowie der Schallschutz entscheidend. Da es sich um ein Sanierungsobjekt handelt, werden von der EnEV2014, wie bereits beschrieben, geringere Anforderungen gestellt. Das Hauptaugenmerk liegt hier bei der Reduzierung des Energiebedarfes bzw. der Heizkosten, wobei auch die Bauteilstärke und somit das Gewicht des Bauteils, mögliche Reduktionen der Nutzfläche, die Umwelteinflüsse (Energie ec. zur Herstellung pro m<sup>3</sup>) und auch die anfallenden Kosten dadurch beeinflusst werden. Somit werden für den Wärmeschutz, als wichtigsten Faktor, 50% Gewichtung angesetzt.

Der nächste wichtige Faktor ist der Brandschutz. Entspricht die gewählte Dämmung nicht den Brandschutzvorgaben, muss diese mittels zusätzlicher Konstruktion verbessert werden. Dadurch entstehen zusätzliche Kosten sowie steigende Werte im Bereich der Umwelteinflüsse/Energiebedarfes und die Bauteilstärken. Somit werden für den Brandschutz 40% Gewichtung angesetzt.

Das Schlusslicht bildet der Schallschutz. Da das betrachtete Gebäude bereits die Anforderungen der Verordnung erfüllt, sind die Unterschiede zwischen den einzelnen betrachteten Optionen von keiner ausschlaggebenden Wirkung. Somit werden für den Schallschutz lediglich 10% der Gewichtung angesetzt.

Vergleicht man nun die vorher betrachteten Dämmstoffoptionen, erhält man folgende Matrix:

Teil 1/2			Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Option 6	Option 7
			EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	Holzfasern weich	Holzfasern hart	MW1
	Kriterium	Gewichtung [%]	Bewertung*						
EnEV 2014	Wärmeschutz	50%	2	2	3	3	2	2	3
	Brandschutz	40%	2	2	2	2	2	2	5
	Schallschutz	10%	3	3	3	3	5	3	3
		100%	21	21	26	26	23	21	38
*Bewertungsskala: 1 sehr schlecht; 2 schlecht; 3 ausreichend; 4 gut; 5 sehr gut									

T6 - Dämmstoffmatrix 1/2

Teil 2/2			Option 8	Option 9	Option 10	Option 11	Option 12	Option 13	Option 14	Option 15
			MW2	Schaumglas1	Schaumglas2	Steinwolle1	Steinwolle2	Steinwolle3	XPS1	XPS2
	Kriterium	Gewichtung [%]	Bewertung*							
EnEV 2014	Wärmeschutz	50%	3	2	1	4	4	4	5	5
	Brandschutz	40%	5	5	5	5	5	5	2	2
	Schallschutz	10%	5	3	3	4	5	5	3	3
		100%	40	33	28	44	45	45	36	36
*Bewertungsskala: 1 sehr schlecht; 2 schlecht; 3 ausreichend; 4 gut; 5 sehr gut										

T7 - Dämmstoffmatrix 2/2

Bezeichnung	Produkt	$\lambda$ [W/(mK)]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Bauteilklasse <sup>1</sup>
Holzfaser1	FLEX Holzfaserdämmstoff (weich)	0,038	50,00	E
Holzfaser2	Holzfaserdämmstoffe im Trockenverfahren 110-200 kgm (hart)	0.044 (0,039) <sup>2</sup>	200,00	E
Steinwolle1	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im hohen Rohdichtebereich	0,032- 0,035	155,00	A1
Steinwolle2	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	0,032- 0,035	96,00	A1
Steinwolle3	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im niedrigen Rohdichtebereich	0,032- 0,035	39,00	A1
XPS1	XPS Foam Insulation Jackodur plus	0,025	38,40	E
XPS2	Extruded Polystyrene (XPS)	0,030	33,00	E

<sup>1</sup> DIN 4102/ DIN EN 13501  
<sup>2</sup> Vergleichbare Holzfaserplatte - STEICOprotect L dry

T8 - Auswertung Matrix

Es wird deutlich, dass die vorher beschriebenen Vorteile, durch die Matrix bestätigt wurden. Mit Hilfe des Vergleichs können nun Dämmstoffe bestimmt werden, mit denen im Weiteren gearbeitet wird. Um einen guten Überblick zu bekommen, werden die besten mineralischen-, synthetischen-, sowie auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Dämmstoffe verwendet. Somit ergibt sich die Holzfaser 1 und 2 als einziger nachwachsender-, die Steinwolle 1,2 und 3 als der bessere mineralische- und die XPS 1 und 2 Platten als der bessere synthetische Dämmstoff.

Um die beste Zusammensetzung der Module zu ermitteln, werden zunächst Baustoffe analysiert, welche grundsätzlich für die Sanierung von Gebäuden eingesetzt werden. Hierbei werden zusätzlich die üblichen Sanierungsmaßnahmen vorgestellt und beleuchtet.

Auf Grundlage der ermittelten Ergebnisse sollen anschließend mögliche Modulvarianten vorgestellt und miteinander verglichen werden.

Als Richtwerte werden Werte aus der EnEV2014 bezogen, welche die Mindestanforderungen an die Sanierung von Bestandsgebäuden darstellen.

## Dach

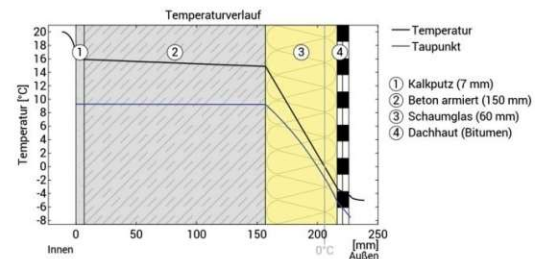
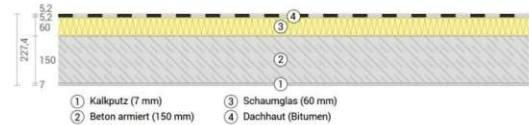
Das bereits vorgestellte Flachdach hat eine Fläche von ca. 340 m<sup>2</sup> und einen U-Wert von 0,70 W/(m<sup>2</sup>K), im kommenden Abschnitt wird untersucht, wie dieser Wert verbessert werden kann.

## HOLZFASER<sup>20</sup>

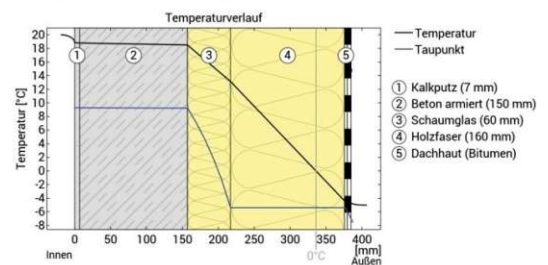
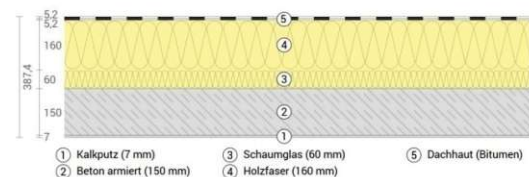
Für Flachdächer müssen Dämmstoffe besondere Eigenschaften erfüllen. Unter Berücksichtigung ebendieser fiel die Wahl auf eine harte Holzfaserplatte, die im Folgenden näher untersucht wird. Die GUTEX Thermoflat fällt durch ihre physikalischen Werte in die Kategorie Holzfaser2 und wurde speziell für Flachdächer entwickelt. Sie ist druckfest und besitzt eine Wärmeleitfähigkeit [ $\lambda$ ] von 0,042 W/(mK), was im vorher beschriebenen Rahmen liegt. Es wird der von der EnEV geforderte U-Wert für Flachdächer erreicht, indem entweder die vorhandene Dämmung vollständig durch 20 cm Holzfaser ersetzt wird (Variante 2) oder, unter Beibehaltung der vorhandenen Dämmschicht durch Ergänzung mit 16 cm Holzfaser (Variante 1).

Flachdach – Holzfaser GUTEX Thermoflat			
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]
	Vorlage	0,70	22,74
0,20 (EnEV)	Vorlage + Holzfaser: 16cm	0,19	38,74
0,20 (EnEV)	Holzfaser: 20 (2x10cm)	0,20	36,62

T9 - Holzfaser



B44 - Bestand Temp.Verlauf



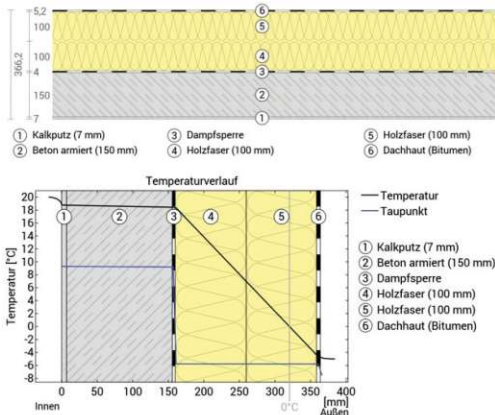
B45 - Ergänzung Temp.Verlauf

Im Falle des vollständigen Austausches der vorhandenen Dämmschicht, muss eine Dampfbremse zwischen STB-Decke und Dämmung angebracht werden. Dadurch wird die Bildung von Tauwasser zwischen der Dachhaut und der Dämmung verhindert.

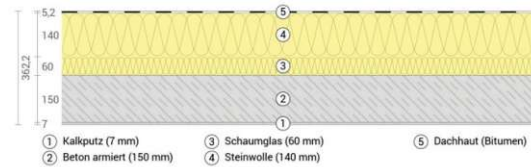


Entscheidet man sich für die Ergänzung der vorhandenen Dämmschicht, so werden ca. 55 m<sup>3</sup> Holzfaserplatten benötigt, bei komplettem Ersatz wären es ca. 68 m<sup>3</sup> (ohne Einbeziehung möglicher Verschnitte).

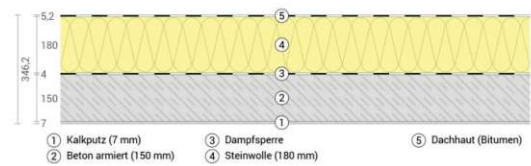
Den oberen Dachabschluss bildet eine Bitumenbahn.



B46 – Ersatz Temp.Verlauf



B57 – Ergänzung Temp.Verlauf



B58 – Ersatz Temp.Verlauf

## STEINWOLLE

In den Umwelt-Produktdeklarationen für ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe im hohen bis niedrigen Rohdichtebereich, spricht man von einer Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,032 und 0,035 W/(mK). Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit ein Richtwert von 0,035 W/(mK) für Steinwolle angenommen. Sowohl die im hohen als auch die im mittleren und niedrigen Rohdichtebereich liegenden Platten können für Flachdachkonstruktionen verwendet werden und sind begehbar.

Die hier angegebenen Werte gelten für alle drei Steinwolle Varianten, da diese über die gleiche Wärmeleitfähigkeit verfügen. Sie unterscheiden sich jedoch in Bezug auf ihr Gewicht und die damit zusammenhängende Schallschutzeigenschaft. Es kann somit angenommen werden, dass der ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im hohen Rohdichtebereich den besten Schallschutz bietet. Für die Variante 1 – Ergänzung der vorhandenen Dämmschicht werden ca. 48m<sup>3</sup> und für die Variante 2 – kompletter Ersatz ca. 61 m<sup>3</sup> Steinwolle (ohne Einbeziehung möglicher Verschnitte) benötigt.

Flachdach – ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff			
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]
	Vorlage	0,70	22,74
0,20 (EnEV)	Vorlage + Steinwolle: 14cm	0,19	36,22
0,20 (EnEV)	Steinwolle: 18cm	0,18	34,62

T10 – Steinwolle

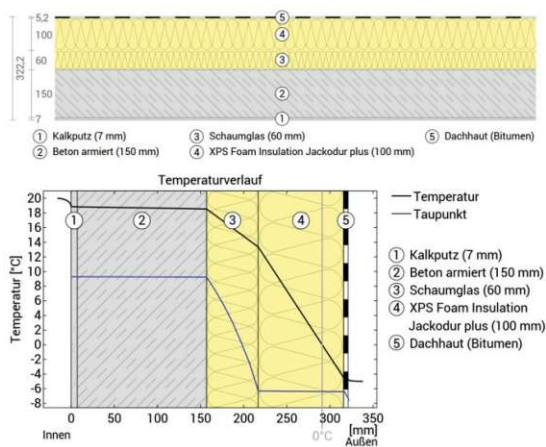
Um den geforderten U-Wert für Flachdächer zu erreichen, muss wie bereits zuvor, entweder die vorhandene Dämmschicht um 14 cm Steinwolle ergänzt oder nach Abriss der vorhandenen Schichten mit einer 18 cm starken Steinwollschicht gedämmt werden. Auch hier gilt, um Tauwasser zu vermeiden, muss eine Dampfbremse zwischen STB-Decke und neuer Dämmung eingeplant werden.

# XPS

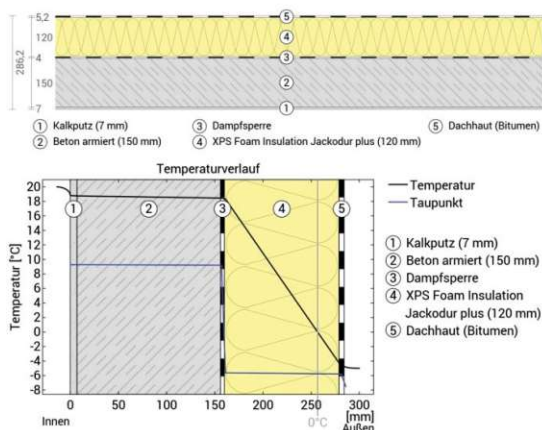
Für XPS-Platten gilt der gleiche Aufbau wie zuvor vorgestellt. Durch die sehr gute Wärmeleitfähigkeit von lediglich  $0,025\text{W}/(\text{mK})^{21}$  kann mit XPS-Platten bei gleichbleibenden U-Werten eine geringere Bauteilstärke erreicht werden als zuvor mit Steinwolle und Holzfaser. Die hier untersuchten XPS-Platten sind besonders druckfest und können dadurch sehr gut für Dächer, insbesondere begehbare Flachdächer, Böden und Bereiche, die eine besonders hohe Dämmfähigkeit bei geringer Materialstärke erfordern, eingesetzt werden.

Flachdach – XPS FoamInsulationJackodur plus			
U-Wert [W/(m²K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m²K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]
	Vorlage	0,70	22,74
0,20 (EnEV)	Vorlage + XPS: 10cm	0,19	32,22
0,20 (EnEV)	XPS: 12cm	0,20	28,62

T11 – XPS



B49 – Ergänzung Temp.Verlauf



B50 – Ersatz Temp.Verlauf

Für die Variante 1 - Ergänzung der vorhandenen Dämmschicht werden ca.  $34\text{ m}^3$  und für die Variante 2 - kompletter Ersatz ca.  $41\text{ m}^3$  XPS (ohne Einbeziehung möglicher Verschnitte) benötigt.

## SCHLUSSFOLGERUNG

### DACH

Aus kostentechnischen Gründen erscheint eine Ergänzung stets am sinnvollsten. Dadurch werden anfallende Kosten rund um den Abbruch und Entsorgung der vorhandenen Dachhaut und Dämmschicht vermieden und auch die Kosten für die neue Dämmschicht gesenkt, da diese kleiner dimensioniert werden kann.

Neue Dämmschichten können üblicherweise auf vorhandene Bitumenbahnen verlegt werden, ohne dass diese vorher abgetragen werden müssen. Gegebenenfalls sind kleine Ausbesserungen der Bitumenbahn nötig, falls diese Schäden aufweist. Ein solcher Aufbau wird auch „Plusdach“ genannt.

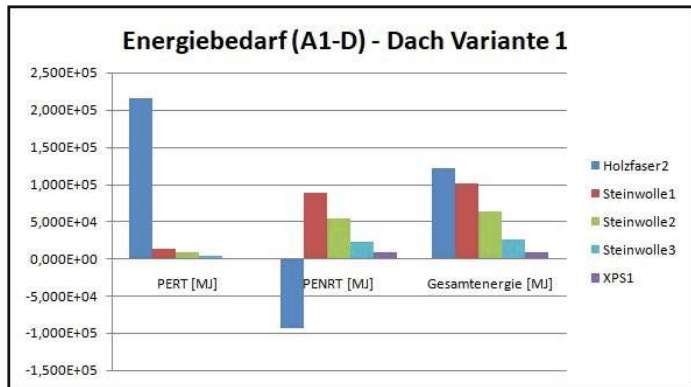
Auch aus ökologischer Sicht ist eine Ergänzung und nicht der vollständige Ersatz sinnvoll.<sup>22</sup>

Die Energiebedarfs Diagramme B 62 und B 63 zeigen die Veränderungen im Bereich des Energiebedarfes für die ermittelten Volumen ( $\text{m}^3$ ) an Dämmung, die jeweils für die Variante 1 (Ergänzung der vorhandenen Dämmschicht) und Variante 2 (kompletter Ersatz der Dämmschicht) bei gleichbleibenden U-Werten anfallen würden. Wobei hier die ökologische Bewertung für die Entsorgung der vorhandenen Schichten sowie die Bewertung der Dachhaut nicht mit einbezogen wurde.

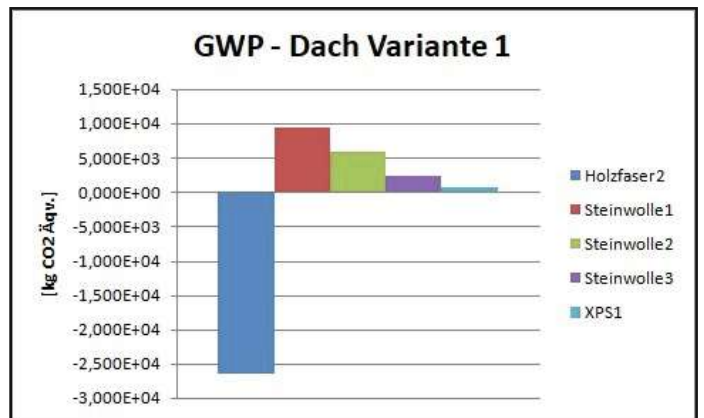
Es wird hier deutlich, dass die Steinwollvariante 1 mit der hohen Rohdichte, um ein vielfaches schlechter abschneidet als die Steinwollvariante 3 im niedrigen Rohdichtebereich. Vergleicht man die Steinwollvarianten mit der vorgestellten

Holzfaserdämmung, so wird ersichtlich, dass die Holzfaser (hart) zwar über einen höheren Gesamtenergiebedarf verfügt, die Steinwolle jedoch überwiegend auf nichterneuerbare Energieträger zurückgreifen muss, während die Holzfaser in diesem Bereich Minuswerte aufweist und somit positive Auswirkungen auf die Ökobilanz.

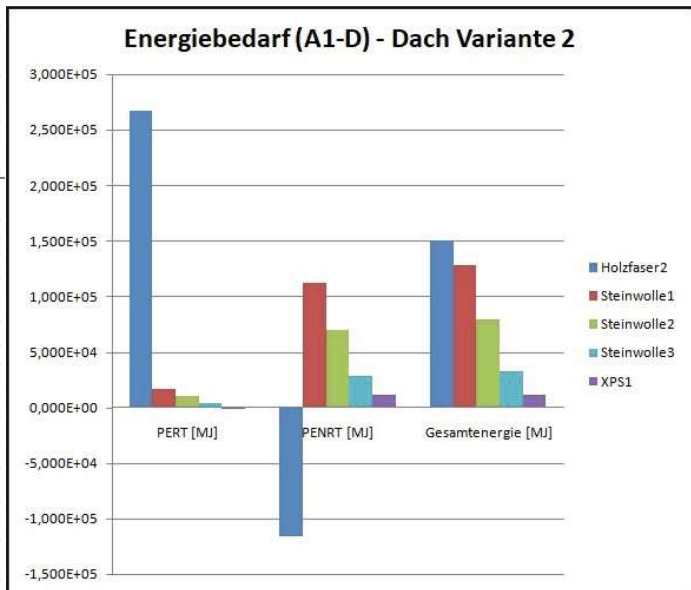
die absolute Spitzenreiterin ungeachtet dessen, dass sie das größte Volumen benötigt. Auch hier zeigt sich die absteigende Tendenz der Steinwolle in Bezug auf ihre Rohdichte. Die Ergebnisse aus dem Diagramm zeigen deutlich, dass sowohl die Holzfaser als auch die XPS-Platte für das beschriebene Bauteil im Bereich des GWP zufriedenstellende Werte vorweisen.



B52 - Energiebedarf auf jeweilige ermittelte m<sup>3</sup> bezogen Variante 1



B54 - GWP bezogen auf ermittelte m<sup>3</sup> - VI



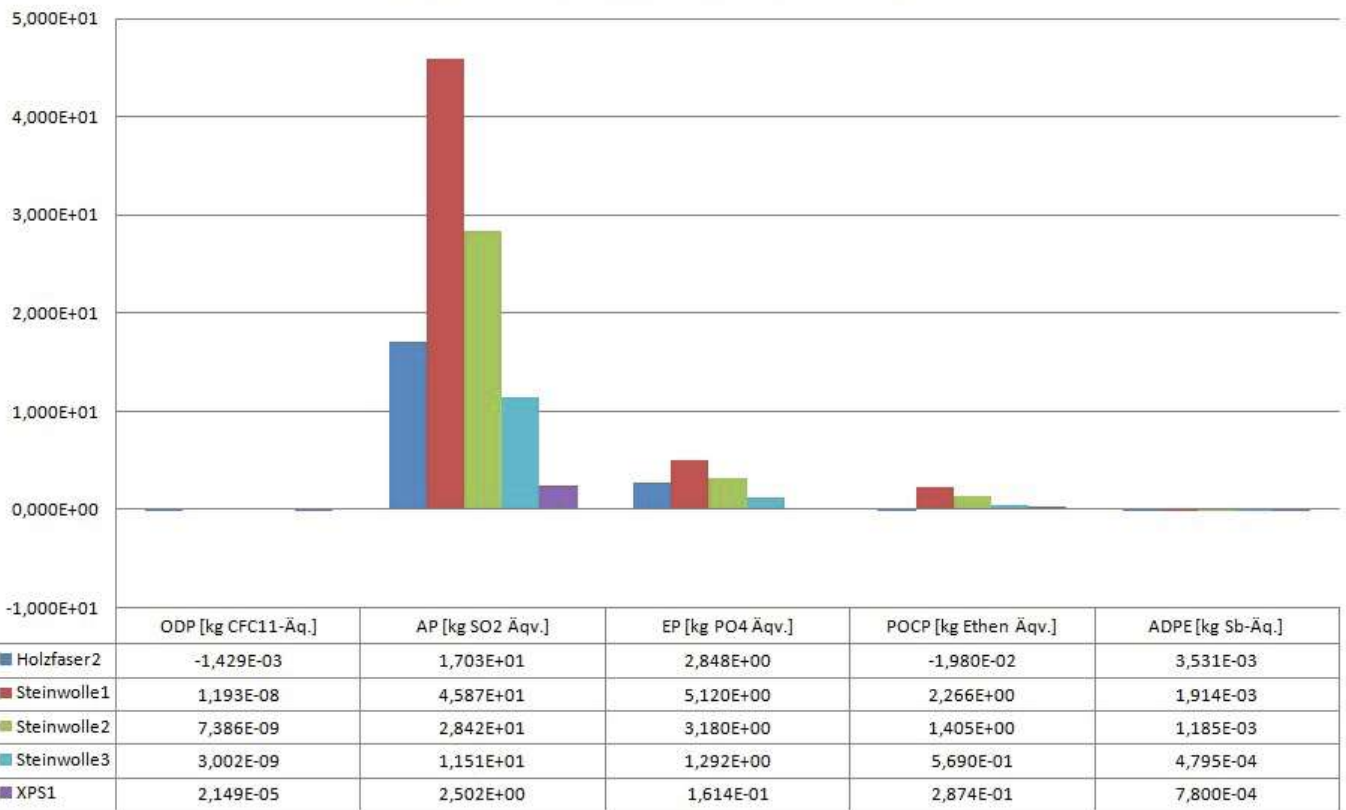
B53 - Energiebedarf auf jeweilige ermittelte m<sup>3</sup> bezogen Variante 2

Bei der Betrachtung der übrigen Umweltauswirkungen der jeweiligen Dämmstoffe wird deutlich, dass auch hier die Steinwolle1 und 2 am schlechtesten abschneiden. Erstaunlicherweise schneidet die Holzfaser auch in diesem Vergleich nicht besser als die XPS ab. Besonders im Bereich der Versauerung von Boden und Wasser (AP) und des Eutrophierungspotenzials (EP) ist die Holzfaser um ein Vielfaches schlechter als der synthetische Dämmstoff und die Steinwolle 3. Diese Werte sind verblüffend, da die weiche Holzfaser1 im Gegensatz zu Holzfaser 2 im Vergleich der Umweltauswirkungen unter den Dämmstoffen um einiges besser abschneidet.

Betrachtet man die vorgestellten XPS-Platten, so wird deutlich, dass diese im Vergleich des Energiebedarfes am besten abschneiden. Zwar wird hier nahezu vollständig auf nicht erneuerbare Energie zurückgegriffen, jedoch fällt dieser Anteil im Vergleich mit den anderen Dämmstoffen immer noch am geringsten aus. Somit ist die XPS-Platte im Energiebedarfsvergleich am effizientesten. Im Bereich des GWP ist hingegen die Holzfaser mit Werten im Negativbereich



## Umweltauswirkungen (A1-D) - Variante 1



B55 - Umweltauswirkungen (pro m<sup>3</sup>)- VI

Im Bereich der Kosten wurde die Variante 1 – Ergänzung der vorhandenen Dämmschicht betrachtet, hier kann die Steinwolle3 deutlich aufholen. Weit abgeschlagen ist dabei die Steinwolle 1 mit hoher Rohdichte. Diese muss in zwei Lagen verlegt werden, da keine 14 cm starken Platten gefunden werden konnten. So müssen die Preise für 6 cm und 8cm starke Platten zusammengelegt werden und ergeben eine beachtliche Summe von über 21.000 € für das betrachtete Flachdach.

Die XPS-Platte ist im Vergleich um 15,22 €/m<sup>2</sup> teurer als die Steinwolle 3, gewinnt hier jedoch bei der Schichtstärke um 4 cm.

Die Stärkenunterschiede können in Bezug auf die Nutzfläche zwar sehr entscheidend sein, da jedoch bei der Betrachtung des Daches die Nutzfläche nicht relevant ist, bleibt die Steinwolle3 die deutlich kostengünstigste Wahl.

Die Bewertung der einzelnen Ergebnisse macht es nicht einfach, sich für einen bestimmten Dämmstoff zu entscheiden. Klar ist, dass die hier betrachtete Steinwollausführung in den meisten ökologischen Bereichen unbefriedigende Werte aufweist. Der allgemeine Vergleich der Dämmstoffe ist jedoch schwieriger. Kostentechnisch und bauphysikalisch nimmt die Steinwolle den ersten Platz

Bezeichnung	Produkt	d [m]	€/m <sup>2</sup>	Gesamtpreis [€]
Holzfaser2	GUTEXThermoflex	0,16	12,25	4165,00
Steinwolle1	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im hohen Rohdichtebereich	0,14	62,77	21341,80
Steinwolle2	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich	0,14	22,89	7782,60
Steinwolle3	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im niedrigen Rohdichtebereich	0,14	8,11	2757,40
XPS1	XPS Foam Insulation Jackodur plus	0,10	23,33	7932,20

T12 - Kosten<sup>23-29</sup> Dämmung



ein, ökologisch jedoch scheint die XPS bessere Ergebnisse zu liefern. Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die mineralischen und synthetischen Dämmstoffe witterungsresistent und weniger schädlinganfällig im Falle von Dachhautundichtheiten sind als die Holzfaser.

Aufgrund dieser Erkenntnisse erscheint die XPSI Platte für die Sanierung des Flachdaches am vorteilhaftesten, da sowohl die ökologischen Werte als auch die bauphysikalischen Anforderungen in diesem Bereich von ihr zufriedenstellend erfüllt werden können.

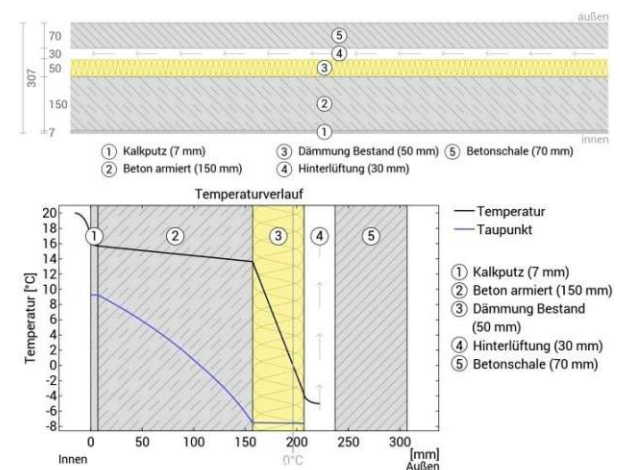
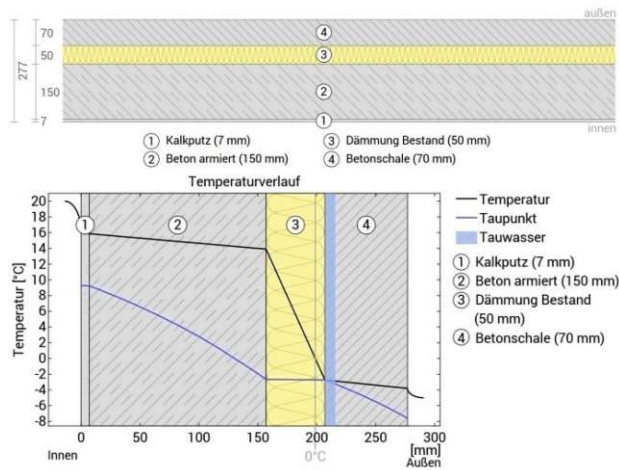
## AUSSENWÄNDE

Laut EnEV2014 müssen Außenwände einen minimalen U-Wert von  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erreichen. Da das betrachtete Gebäude nicht dem Denkmalschutz unterliegt, ist es ohne Weiteres möglich, die Fassade von außen zu sanieren und bei Bedarf optisch zu verändern.

Außenwände AW 1, 4 (und 5<sup>30</sup>) gehören aufgrund ihres Aufbaus zu zweischaligen Konstruktionen. Diese können auf drei Arten saniert werden. Erstens ist es bei Konstruktionen mit einer Luftschicht zwischen den einzelnen Schalen möglich, Dämmstoff in den Zwischenraum einzufügen. Zweitens besteht die am wenigsten invasive Möglichkeit, eine zusätzliche Dämmschicht von außen auf die bestehende Konstruktion anzufügen und diese zu verputzen oder zu verkleiden, was das Bauteil um ein Vielfaches vergrößert. Letztendlich ist es aber auch möglich die, in diesem Gebäude vorhandene, Beton-Außenschale mit oder ohne vorhandene Dämmschicht vollständig zu entfernen und eine neue bzw. ergänzende Dämmschicht (verputzt oder verkleidet) anzufügen.

Der durch die Studie vorgegebene Aufbau der Außenwände ohne Luftschicht ist mangelhaft. Aus den folgenden

Bildern kann entnommen werden, dass durch das Fehlen der Luftschicht zwischen Dämmung und Betonschale sich Tauwasser aufgrund von Temperaturunterschieden bilden kann. Dies kann durch eine Luftschicht, die üblicherweise in solchen Konstruktionen eingeplant wird, vermieden werden.



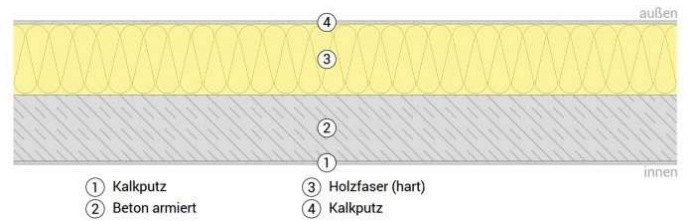
Im Weiteren wird die Möglichkeit der vollständigen Demontage der Außenschale untersucht, da diese nur eine unwesentliche Rolle für den U-Wert des Bauteils einnimmt, jedoch eine hohe Einwirkung durch ihr Eigengewicht auf die Statik des Gebäudes besitzt. Die ökologischen Auswirkungen für Abbau und Recycling der Schale werden in dieser Arbeit außer Acht gelassen.

# HOLZFASER

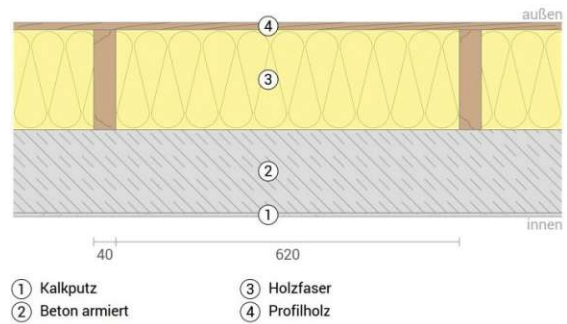
Für den äußeren Abschluss der Fassade mit Holzfaserdämmplatten werden zwei Alternativen betrachtet. Zum einen ein einfaches Putzsystem, welches direkt auf die Dämmplatten (hart) angebracht werden kann und zum anderen eine Konstruktion mit Vorhangschale auf weicher Holzfaser, da diese nicht ohne Weiteres verputzt werden kann.<sup>31</sup>

Bei der Wahl der Schale und der Unterkonstruktion wird sich auf Holz (Fichte bzw. Lärche) beschränkt. Die Schale kann naturbelassen bzw. verputzt werden. Die tragende Unterkonstruktion der Holzplatten wird auf einen Achsabstand von vertikal 60cm und horizontal 62 cm und eine Breite der Grund- und Traglattung von 4cm festgelegt. Dadurch ergibt sich eine Anzahl von 4 Latten pro m<sup>2</sup>.

Entscheidet man sich für ein einfaches Putzsystem, so muss die Holzfaser 2 (z.B. STEICOprotect L dry Platten (hart)) verwendet werden. Diese können verputzt werden und weisen eine Rohdichte von 110 kg/m<sup>3</sup> auf. Ihre Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,039 W/(mK). Im ökologischen Vergleich werden die Werte für Holzfaser 2 (Holzfaserdämmstoffe im Trockenverfahren 110-200 kg/m<sup>3</sup>) herangezogen. Für die Variante mit Holzfaser 1 (weich) wird die Holzfaser FLEX 50 betrachtet.



B59 - AWI - Ersatz HF hart



B60 - AWI - Ersatz HF weich

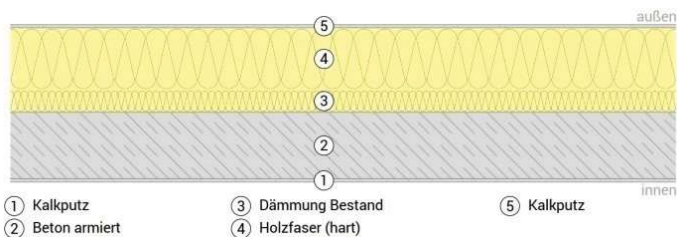
Die Bilder B 69 und B 70 zeigen symbolisch die möglichen Konstruktionen für die Außenwände 1,3, 4 und 5 (anhand der AWI) für eine zusätzliche Dämmung mittels harter und weicher Holzfaser (unter Abtragung der vorgehängten Schale).

Die Holzfaser 2 wurde mittels Kalkputz verputzt, wogegen Holzfaser 2 mit einer Holzschalung (Fichte) verkleidet wurde.

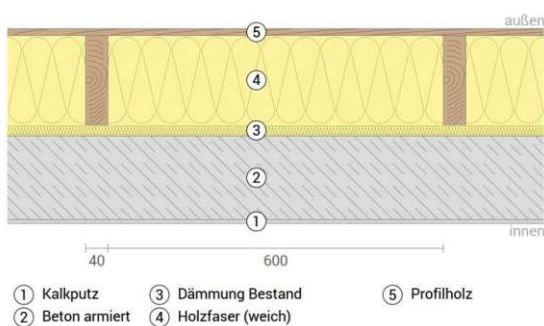
Die Bilder B 71 und B 72 zeigen die Konstruktion im Falle des vollständigen Ersatzes der Betonschale/ Vorhangfassade aus Holz und der alten Dämmschichten.

Auch hier wird mit Kalkputz bzw. einer Schalung aus Fichtenholz gearbeitet.

Die nachfolgenden Tabellen führen minimale Dämmstärken auf, welche benötigt werden, um den geforderten U-Wert zu entsprechen. Zusätzlich wurden hier bereits die benötigten Mengen an Putz und Holz hinzugefügt, welche für den ökologischen Vergleich wichtig sind.



B57 - AWI - Ergänzung HF hart



B58 - AWI - Ergänzung HF weich

<b>Außenwände – STEICOprotect L dry (hart - verputzt)</b>				
<b>AW-1 Beton-Sandwichplatte [36,31m<sup>2</sup> Wandfläche (O)(W)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,20	27,70 <sup>1</sup>	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale)+ Holzfaser: 14cm	0,23	35,40	5,08
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,23	32,40	5,81
			<b>Putz (O)(W)</b>	<b>0,25</b>
<b>AW-4 Beton-Sandwichplatte [7,32m<sup>2</sup> Wandfläche (S); 26,74m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>i</sub>); 14,84m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>r</sub>)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,70	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Holzfaser: 14cm	0,23	27,40	1,03 (S) 3,74 (N <sub>i</sub> ) 2,08 (N <sub>r</sub> )
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,23	24,40	1,17 (S) 4,28 (N <sub>i</sub> ) 2,37 (N <sub>r</sub> )
			<b>Putz (S)</b>	<b>0,05</b>
			<b>Putz (N<sub>i</sub>)</b>	<b>0,19</b>
			<b>Putz (N<sub>r</sub>)</b>	<b>0,11</b>
<b>AW-5 Beton-Sandwichplatte [21,66m<sup>2</sup> Wandfläche (N)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,40	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Holzfaser: 14cm	0,23	33,40	3,03
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,23	30,40	3,47
			<b>Putz (N)</b>	<b>0,15</b>

<sup>1</sup> Ohne Luftschicht

T13 - AW - STEICOprotect



<b>Außenwände – FLEX Holzfaserdämmstoff (weich - Vorhangfassade)</b>				
<b>AW-1 Beton-Sandwichplatte [36,31m<sup>2</sup> Wandfläche (O)(W)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,20	27,70 <sup>1</sup>	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Holzfaser: 14cm	0,22	35,90	3,86
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,22	32,90	4,42
			KVH (14cm)	1,22
			KVH (16cm)	1,39
			Holzplatte (2,2cm)	0,80

<b>AW-4 Beton-Sandwichplatte [7,32m<sup>2</sup> Wandfläche (S); 26,74m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>i</sub>); 14,84m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>r</sub>)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,70	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Holzfaser: 14cm	0,22	27,90	0,78 (S) 2,83 (N <sub>i</sub> ) 1,57 (N <sub>r</sub> )
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,22	24,90	0,89 (S) 3,25 (N <sub>i</sub> ) 1,80 (N <sub>r</sub> )
			KVH (14cm) (S)	0,25
			KVH (16cm) (S)	0,28
			KVH (14cm) (N <sub>i</sub> )	0,91
			KVH (16cm) (N <sub>i</sub> )	1,03
			KVH (14cm) (N <sub>r</sub> )	0,51
			KVH (16cm) (N <sub>r</sub> )	0,57
			Holzplatte (S) (2,2cm)	0,16
			Holzplatte (N <sub>i</sub> )(2,2cm)	0,59
			Holzplatte (N <sub>r</sub> ) (2,2cm)	0,33

<b>AW-5 Beton-Sandwichplatte [21,66m<sup>2</sup> Wandfläche (N)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,40	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Holzfaser: 14cm	0,22	33,90	2,29
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,22	30,90	2,64
			KVH (14cm)	0,74
			KVH (16cm)	0,83
			Holzplatte (2,2cm)	0,48

<sup>1</sup> Ohne Luftschicht



Der Vergleich zeigt, dass für die Außenwände 1,4 und 5 jeweils eine Dämmstärke von 14 cm (bei Erhalt der Bestandsdämmung) bzw. 16 cm (bei komplettem Abbau dieser) eingesetzt werden muss, um der EnEV2014 zu entsprechen. Durch die Vorfertigung der Platten und der damit zusammenhängenden Dimensionierung der Holzfaserplatten, liegt der ermittelte neue U-Wert der Bauteile bei 0,22 W/(m²K) und ist somit geringfügig besser als vorgeschrieben.

Die resultierende Stärke der Wände ist für diese Bauteile sekundär. Sie grenzen nicht an bewohnte Flächen und wirken sich somit nicht auf die Nutzfläche im Gebäude aus.

Für die Außenwände AW-3 wurde die maximale Wandfläche (4,05 m²), die im Gebäude bei dieser Art von Wänden auftritt, verwendet.

Es wird ersichtlich, dass für die harte Holzfaser für beide Varianten eine minimale Stärke von 16 cm verwendet werden muss, um den vorgegebenen U-Wert zu erreichen.

Außenwände – STEICOprotect L dry (hart - Verputzt)				
AW-3 Betonschotten mit Vorhangfassade [ca. 4,05m² Wandfläche (W) (S)]				
U-Wert [W/(m²K)]	d [cm]	U-Wert [W/(m²K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m³
Vorgabe	Vorlage	1,74	21,90	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Schale) + Holzfaser: 16cm	0,22	33,40	0,65
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,23	31,40	0,65
	Putz (7mm)			0,028

T15 - AW - STEICO

Bei der weichen Holzfaser hingegen sind es 14 cm und 16 cm bei den jeweiligen Varianten. Die unterschiedlichen Dämmstoffstärken wirken sich jedoch, im Gegensatz zur harten Dämmung, nicht auf die Stärke der neuen Schicht aus.

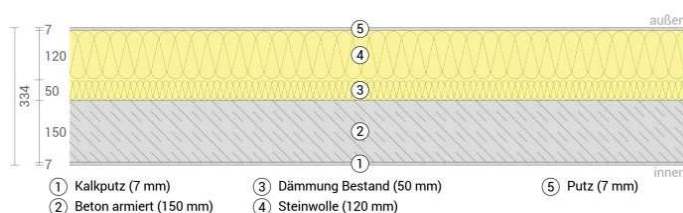
Außenwände – FLEX Holzfaserdämmstoff (weich - Vorhangfassade)				
AW-3 Betonschotten mit Vorhangfassade [ca. 4,05m² Wandfläche (W) (S)]				
U-Wert [W/(m²K)]	d [cm]	U-Wert [W/(m²K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m³
Vorgabe	Vorlage	1,74	21,90	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Schale) + Holzfaser: 14cm	0,24	31,90	0,43
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 16cm	0,22	31,90	0,49
	KVH (14cm)			0,14
	KVH (16cm)			0,16
	Holzplatte (2,2cm)			0,09

T16 - AW - FLEX

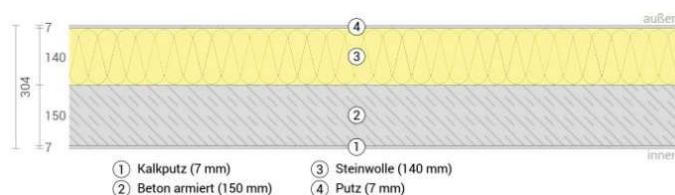
Es ist für die Außenwände AW-3 wichtig, diese so schmal wie möglich zu halten, da diese an mehreren Stellen in Nachbarloggien grenzen und sich auf fremde Nutzflächen auswirken können.<sup>32</sup> Aus diesem Grund erscheint der Einsatz der Variante 2 – Holzfaser (hart - verputzt) mit 0,14 m² Nutzflächenbeanspruchung am vorteilhaftesten.

## STEINWOLLE

Für die Ausführung der Außenwände mit Steinwolldämmung wird sich für den äußeren Fassadenabschluss auf ein Putzsystem beschränkt.



B61 - AWI - Ergänzung STW



B62 - AWI - Ersatz STW

Alle drei Rohdichtevarianten sind in einer verputzbaren Variante erhältlich. Wie bereits bei der Betrachtung des Flachdaches, wird von  $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  für Steinwolle 1-3 ausgegangen.

Bilder B 74 und B 74 zeigen symbolisch die möglichen Konstruktionen für die Außenwände 1,3, 4 und 5 (anhand der AWI) für Variante 1 – zusätzliche Dämmung mittels Steinwolle und Variante 2 – kompletter Erneuerung mittels Steinwolle.

Dabei wird auch hier die vorhandene Betonschale demontiert.

Die nachfolgenden Tabellen führen minimale Dämmstärken auf, welche benötigt werden, um den geforderten U-Wert zu entsprechen.

<b>Außenwände – Steinwolle (verputzbar)</b>				
<b>AW-1 Beton-Sandwichplatte [36,31m<sup>2</sup> Wandfläche (O)(W)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,20	27,70 <sup>1</sup>	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale)+Steinwolle: 12cm	0,24	33,40	4,36
0,24 (EnEV)	Holzfaser: 14cm	0,24	30,40	5,08
			<b>Putz (O)(W)</b>	<b>0,25</b>
<b>AW-4 Beton-Sandwichplatte [7,32m<sup>2</sup> Wandfläche (S); 26,74m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>i</sub>); 14,84m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>r</sub>)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,70	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Steinwolle: 12cm	0,24	25,40	0,87 (S) 3,21 (N <sub>i</sub> ) 1,78 (N <sub>r</sub> )
0,24 (EnEV)	Steinwolle: 14cm	0,24	22,40	1,02 (S) 3,74 (N <sub>i</sub> ) 2,08 (N <sub>r</sub> )
			<b>Putz (S)</b>	<b>0,05</b>
			<b>Putz (N<sub>i</sub>)</b>	<b>0,19</b>
			<b>Putz (N<sub>r</sub>)</b>	<b>0,11</b>
<b>AW-5 Beton-Sandwichplatte [21,66m<sup>2</sup> Wandfläche (N)]</b>				
<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] Vorgabe</b>	<b>d [cm]</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)] resultierend</b>	<b>Bauteilgesamtstärke [cm]</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	Vorlage	1,25	19,40	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + Steinwolle: 12cm	0,24	31,00	2,60
0,24 (EnEV)	Steinwolle: 14cm	0,24	28,40	3,03
			<b>Putz (N)</b>	<b>0,15</b>

<sup>1</sup> Ohne Luftschicht

T17 - AW - Steinwolle (verputzbar)

Für die Außenwände 1,4 und 5 muss jeweils eine Dämmstärke von 12 cm (bei Erhalt der Bestandsdämmung) bzw. 14 cm (bei komplettem Abbau dieser) verwendet werden, um den Anforderungen der EnEV2014 zu entsprechen. Es wird stets ein U-Wert von 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht.

Anforderungen zu entsprechen, jedoch konnten keine Dämmplatten in dieser Dimensionierung gefunden werden.

Bei der Betrachtung der Außenwände AW-3 wurde festgestellt, dass für beide Varianten eine minimale Stärke von 14 cm verwendet werden muss, um den vorgegebenen U-Wert zu erreichen. Dabei liegt die Variante 1 mit 0,22 W/(m<sup>2</sup>K) unter dem geforderten Wert. Es wäre möglich, die Steinwolle auf eine Stärke von 13 cm zu reduzieren und immer noch den

Außenwände – Steinwolle (verputzbar)				
AW-3 Betonschotten mit Vorhangfassade [ca. 4,05m <sup>2</sup> Wandfläche (W) (S)]				
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m <sup>3</sup>
	Vorlage	1,74	21,90	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Schale) + Steinwolle: 14cm	0,22	31,40	0,57
0,24 (EnEV)	Steinwolle: 14cm	0,24	29,40	0,57
			<b>Putz (W) (S)</b>	<b>0,028</b>

T18 – AW – Steinwolle (verputzbar)2

Wie bereits erwähnt, muss bei den Außenwänden AW-3 auf ihre Dimensionierung geachtet werden, da diese an bewohnte, fremde Bereiche grenzen. Aus diesem Grund wäre die Variante 2 - vollständiger Ersatz der Bestandsdämmung durch 14 cm Steinwolle am effizientesten, da diese 7,5 cm (-0,10 m<sup>2</sup> Nutzfläche) und somit 2 cm schmaler ist als der Aufbau in Variante 1 (-0,13 m<sup>2</sup> Nutzfläche).

## XPS-R

Auch bei der Außenwanddämmung mittels XPS-Platten wird sich auf Putz als äußeren Fassadenabschluss beschränkt. Hier muss jedoch beachtet werden, dass nur raue bzw. gewaffelte XPS Oberflächen ohne Weiteres verputzt werden können. Solche Platten können üblicherweise mittels des angefügten „R“ identifiziert werden.

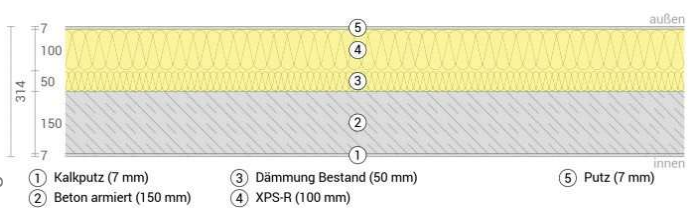
zusätzliche Dämmung mittels XPS-R und Variante 2 – komplette Erneuerung mittels XPS-R.

Die Berechnungen ergeben, dass für die Außenwände 1,4, 3 und 5 jeweils eine Dämmstärke von 10 cm für beide betrachteten Varianten ausreicht, um den Anforderungen der EnEV2014 zu entsprechen.

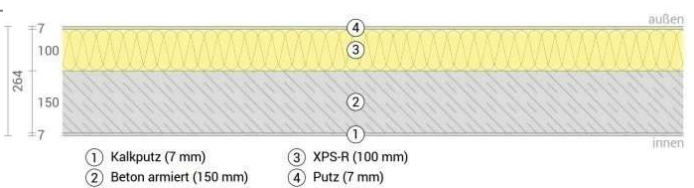
Für die an Nachbarbereiche grenzenden AW-3 gilt es, die Bauteilstärke so gering wie möglich zu halten. Dies gelingt am besten durch den vollständigen Ersatz der Vorhangschale und der alten Dämmebene durch 10 cm XPS-R Platten. Mit dem neuen Aufbau (Variante 2) wird der vorgegebene U-Wert von 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht und lediglich 0,06 m<sup>2</sup> der Nutzfläche beansprucht.

## SCHLUSSFOLGERUNG AUSSENWÄNDE

Wie bereits angemerkt, ist aus kosten-technischen Gründen eine Ergänzung der bereits vorhandenen Dämmebene am sinnvollsten, wenn dabei geringere Stärken an ergänzender Dämmung verwendet werden können. Bei allen Außenwandvarianten ist es aufgrund der entkoppelten Vorhangschalen unproblematisch diese zu entfernen, ohne dabei die vorhandene Dämmschicht zu beschädigen. Ist die vorhandene Dämmebene unbeschadet, kann diese ohne Weiteres durch eine neue Dämmschicht ergänzt werden. Dadurch wird an der Materialstärke der neuen Dämmschicht



B63 – AWI – Ergänzung XPS-R



B64 – AWI – Ersatz XPS-R

Wie bereits in Abschnitt „Holzfaser“ und „Steinwolle“ zur Anwendung gekommen, zeigen Bilder B 75 und B 76 symbolisch die möglichen Konstruktionen für die Außenwände 1,3, 4 und 5 für Variante 1 -



<b>Außenwände – XPS-R (verputzbar)</b>				
<b>AW-1 Beton-Sandwichplatte [36,31m<sup>2</sup> Wandfläche (O)(W)]</b>				
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m <sup>3</sup>
	Vorlage	1,20	27,70 <sup>1</sup>	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + XPS-R: 10cm	0,21	31,40	3,63
0,24 (EnEV)	XPS-R: 10cm	0,21	26,40	3,63
			<b>Putz (O)(W)</b>	<b>0,25</b>

<b>AW-4 Beton-Sandwichplatte [7,32m<sup>2</sup> Wandfläche (S); 26,74m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>i</sub>); 14,84m<sup>2</sup> Wandfläche (N<sub>r</sub>)]</b>				
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m <sup>3</sup>
	Vorlage	1,25	19,70	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + XPS-R: 10cm	0,21	23,40	0,73 (S) 2,67 (N <sub>i</sub> ) 1,45 (N <sub>r</sub> )
0,24 (EnEV)	XPS-R: 10cm	0,24	18,40	0,73 (S) 2,67 (N <sub>i</sub> ) 1,45 (N <sub>r</sub> )
			<b>Putz (S)</b>	<b>0,05</b>
			<b>Putz (N<sub>i</sub>)</b>	<b>0,19</b>
			<b>Putz (N<sub>r</sub>)</b>	<b>0,11</b>

<b>AW-5 Beton-Sandwichplatte [21,66m<sup>2</sup> Wandfläche (N)]</b>				
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m <sup>3</sup>
	Vorlage	1,25	19,40	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Betonschale) + XPS-R: 10cm	0,21	29,00	2,17
0,24 (EnEV)	XPS-R: 10cm	0,24	24,40	2,17
			<b>Putz (N)</b>	<b>0,15</b>

<sup>1</sup> Ohne Luftschicht

<b>Außenwände – XPS-R (verputzbar)</b>				
<b>AW-3 Betonschotten mit Vorhangfassade [ca. 4,05m<sup>2</sup> Wandfläche (W) (S)]</b>				
U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] Vorgabe	d [cm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)] resultierend	Bauteilgesamtstärke [cm]	m <sup>3</sup>
	Vorlage	1,74	21,90	
0,24 (EnEV)	Vorlage (ohne Schale) + XPS-R: 10cm	0,22	27,40	0,41
0,24 (EnEV)	XPS-R: 10cm	0,24	25,40	0,41
			<b>Putz (W) (S)</b>	<b>0,028</b>

T19 – AW – XPS-R (verputzbar)

gespart und auch Kosten für die Demontage und Entsorgung von alten Dämmmaterialien fallen nicht an.

Bei der Dämmvariante Holzfaser 1, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass eine Holzlattung eingeplant werden muss, in welche die Dämmplatten eingelegt und verkleidet werden. In dieser Arbeit wurde auf eine einfache

Verkleidung aus Fichtenholz ohne Hinterlüftung zurückgegriffen, welche jedoch auch durch andere Baustoffe wie z.B. Faserbeton ergänzt oder ersetzt werden kann. Für die nachfolgende ökologische Betrachtung werden Lattung sowie Verkleidung (Holzplatte) dem Dämmstoff Holzfaser1 beigefügt, wodurch dieser als



Holzfaser 1.2 bezeichnet wird. Für die einzelnen Außenwandvarianten ergeben sich nahezu stets die gleichen Dämmstoffstärken:

	AW-1	AW-3	AW-4	AW-5
Holzfaser(hart-V1)	14cm	16cm	14cm	14cm
Holzfaser(hart-V2)	16cm	16cm	16cm	16cm
Holzfaser(weich-V1)	14cm	14cm	14cm	14cm
Holzfaser(weich-V2)	16cm	16cm	16cm	16cm
Steinwolle3(V1)	12cm	14cm	12cm	12cm
Steinwolle3(V2)	14cm	14cm	14cm	14cm
XPS1-R(V1)	10cm	10cm	10cm	10cm
XPS1-R(V2)	10cm	10cm	10cm	10cm

T20 - AW - Dämmstoffstärken

Dadurch können die ökologischen und kostentechnischen Vergleiche anhand der AW-1 für alle Außenwandausführungen verwendet werden. Im Allgemeinen gilt für alle AW-3 Dämmstoffarten, dass die Variante 2<sup>33</sup> – vollständiger Ersatz der bestehenden Dämmung – aus Gründen der geringsten Beanspruchung fremder Nutzflächen zu bevorzugen ist. Diese Varianten sind in der Tabelle grün markiert und stimmen mit den Werten für die AW-1 überein.

Wie bereits aufgeführt, ist ökologisch gesehen eine Ergänzung von vorhandenen Dämmschichten stets günstiger.<sup>34</sup>

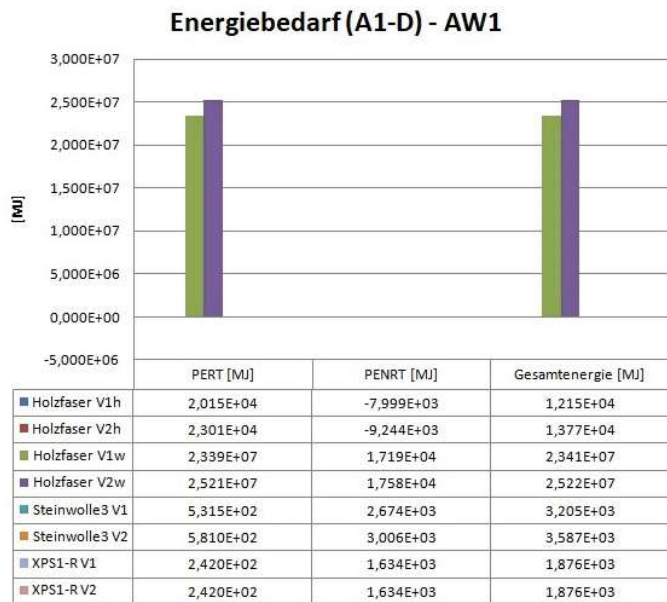
Diagramm B 77 zeigt den Energiebedarf der einzelnen zuvor aufgeführten Ausführungsvarianten. Besonders auffällig sind die Werte für die beiden Varianten der Holzfaser 1 (weich), diese Ausführungen bedürfen an erheblich mehr Energie als alle anderen vorgestellten Varianten. Auch im Bereich des GWP fallen diese Ausführungsvarianten negativ auf - B 78.

Die Ausführungen mit Holzfaser 2 (hart) hingegen zeigen, den anderen Dämmausführungen gegenübergestellt, durchschnittliche Werte im Energiebedarf und Minuswerte im Bereich des GWP.

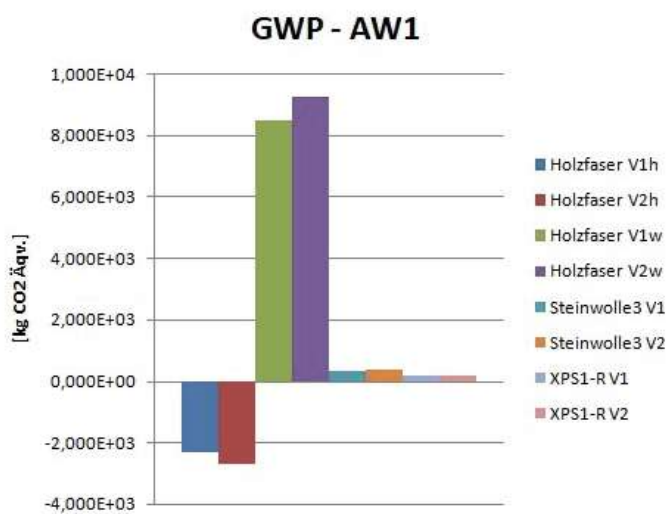
AW-1 Ausführungen mit mineralischen sowie synthetischen Dämmstoffen können aufgrund ihrer guten Wärmeleitfähigkeiten kleiner gewählt werden als die

Holzfaser und zeigen akzeptable Ergebnisse sowohl in Bezug auf Energiebedarf als auch im GWP Bereich.

Die Ausführung der AW-1 mit verputzter Holzfaser als Ergänzung der vorhandenen Dämmung ist klarer Favorit in diesen beiden Bereichen.



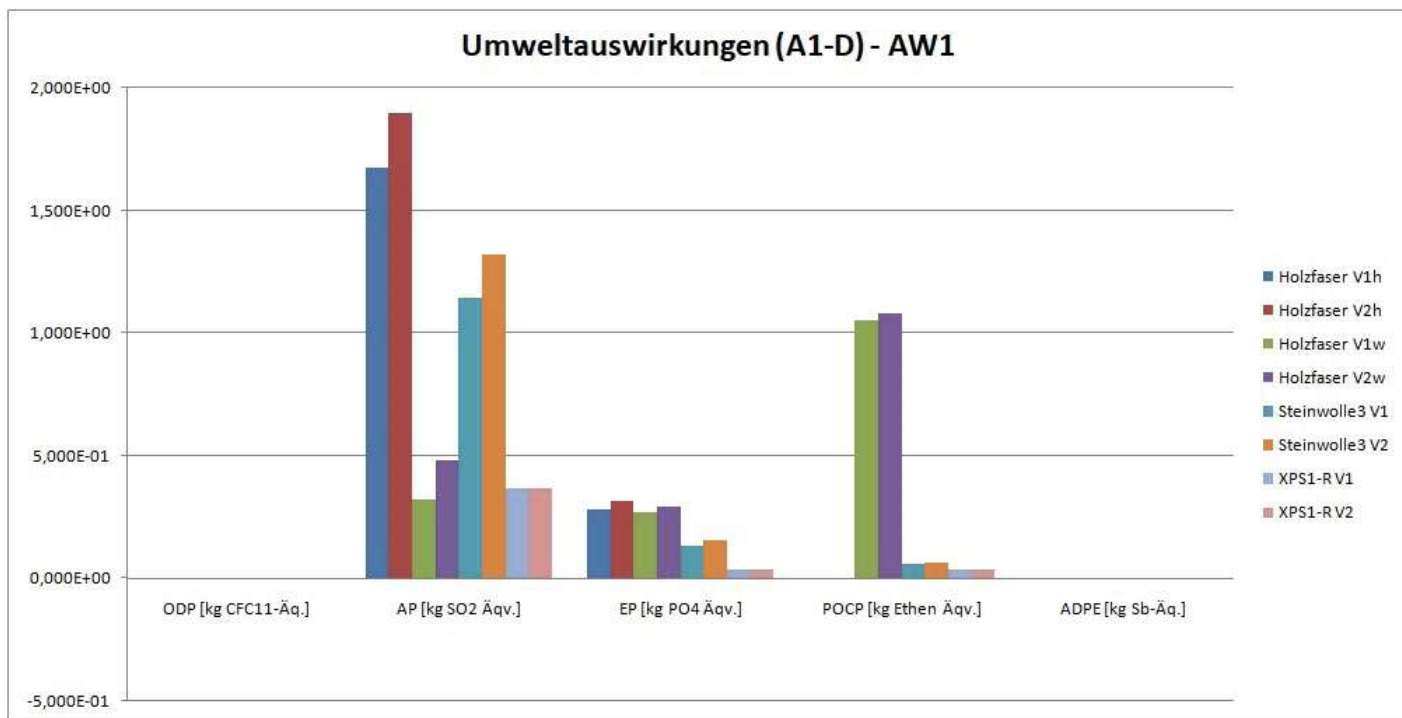
B65 - AW1 - Energiebedarf (A1-D)



B66 - AW1 - GWP

Im Bereich der Umweltauswirkungen schneidet auch hier die XPS-Platte am besten ab. Besonders interessant sind die unterschiedlichen Werte beider Holzfaserarten. Sowohl die harte als auch die weiche Holzfaser muss in 14 cm bzw. 16 cm ausgeführt werden, dennoch fallen die Werte in den Bereichen des AP und des POCP sehr unterschiedlich aus. Ferner fällt auf, dass beide Varianten der Steinwolle 3 im Bereich der Versauerung

## Umweltauswirkungen (A1-D) - AW1



B67 - Umweltauswirkungen AW-1

von Boden und Wasser (AP) und des Eutrophierungspotenzials (EP) besser als die Holzfaser 2 abschneiden.

Der synthetische Dämmstoff XPS-R schneidet auch in diesem Vergleich sehr gut ab.

Für die Betrachtung der Kosten werden lediglich die Dämmstoffe am Beispiel AW-1 (36,31 m<sup>2</sup>) betrachtet, da die anfallenden Kosten für den Putz in allen Ausführungen gleich bleiben. Die Ausführung Holz (weich) wird nicht in die Betrachtung einbezogen, da diese die schlechtesten Werte im Bereich der Lebenszyklusanalyse aufweist.

für die Demontage und Entsorgung der vorhandenen Dämmung anfallen.

Für die AW-3 gestaltet sich die Auswahl dagegen komplizierter. Wie bereits erwähnt, grenzt diese Art von Wänden an fremde Bereiche (Loggien), dadurch ist es ratsam die Bauteilstärke so gering wie möglich zu halten, um nicht unnötig viel an Nutzfläche zu beanspruchen. Aus diesem Grund wäre die Variante 2 – XPS-R zu bevorzugen, da diese um 2cm schmalere gewählt werden kann als Steinwolle 3. Betrachtet man die Holzfaser, so kann diese nicht überzeugen und belegt lediglich den letzten Platz in diesem Vergleich.

Bezeichnung	Produkt	d [m]	€/m <sup>2</sup>	Gesamtpreis [€]
Holzfaser2 (V1)	STEICOprotect L dry	0,14	30,21	1096,93
Holzfaser2 (V2)	STEICOprotect L dry	0,16	34,52	1253,42
Steinwolle3 (V1)	ROCKWOOL Steinwoll-Putzträgerplatten Coverrock® II	0,12	19,28	700,06
Steinwolle3 (V2)	ROCKWOOL Steinwoll-Putzträgerplatten Coverrock® II	0,14	22,49	816,61
XPS1-R (V1)	XPS Foam Insulation Jackodur plus	0,10	23,33	847,11
XPS1-R (V2)		0,10	23,33	847,11

T21 - AW1 - Kosten Dämmung<sup>35-38</sup>

Aus dem obigen Vergleich geht die Steinwolle 3 – Variante 1 für die AW-1, 4 und 5 als klarer Favorit hervor, besonders da hier keine zusätzlichen Kosten

Die finale Auswahl der besten Sanierungsmaßnahme für Außenwände gestaltet sich unter Einbezugnahme der einzelnen Unterpunkte schwierig.

AW-1	Res. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	d [m]	But.Kl.	Schallschutz	Öko. Energ.	Öko. Umw.	Kosten
Holzf. V1	0,23	14	E	+	+/-	+/-	-
Holzf. V2	0,23	16	E	+	+/-	+/-	-
Steinw. V1	0,24	12	A1	+	-	-	+
Steinw. V2	0,24	14	A1	+	-	-	+
XPS V1	0,21	10	E	-	+	+	+/-
XPS V2	0,21	10	E	-	+	+	+/-

T22 - AWI - Entscheidungsmatrix

Betrachtet man die bauphysikalischen Eigenschaften, so kann die Steinwolle mit ihrem sehr guten Brandverhalten und Schallschutzeigenschaften überzeugen. Auch im Bereich der Kosten ist diese am günstigsten. Betrachtet man jedoch den ökologischen Faktor, so belegt sie die letzte Stelle, wenngleich ihre Werte nicht in auffälligen Bereichen liegen. Die Holzfaser überzeugt ökologisch und schallschutztechnisch. In den Bereichen der Kosten und des Brandschutzes bildet sie jedoch das Schlusslicht. Die XPS-Platten können sowohl im Bereich der Ökologie als auch der Kosten als sehr gut bewertet werden. Dies kann unter anderem auf die sehr guten  $\lambda$ -Werte zurückgeführt werden und der damit verbundenen geringen Dämmstärke.

Aus Gründen der Brandschutzanforderungen an Mehrfamilienhäuser der Gebäudeklasse 5 (F90-A/REI90) wird für die AW-1,4 und 5 die Ausführung in Steinwolle3 Variante 1 und für die AW-3 die Ausführung in Steinwolle3 Variante 2 bevorzugt.

## KELLERDECKE

Kellerdecken [Wände/ Decken gegen Unbeheizt (auf unbeheizter Seite)] müssen einen U-Wert von 0,30 W/(m<sup>2</sup>K) erfüllen. Der in dieser Arbeit vorgestellte Aufbau weist einen U-Wert von lediglich 1,11 W/(m<sup>2</sup>K) auf und muss somit verbessert werden. Zusätzlich müssen die technischen Anforderungen laut HBO an Kellerdecken beachtet werden. Diese schreiben eine Feuerwiderstandsklasse von REI 90 (feuerbeständig) vor.

Da davon ausgegangen wird, dass hier eine STB-Platte von 20 cm vorliegt, ist diese als REI 180 zu bewerten.<sup>39</sup> Wobei die Stärke der Platte mind. 10 cm betragen müsste, um ebenfalls den Anforderungen von mind. REI 90 zu entsprechen.

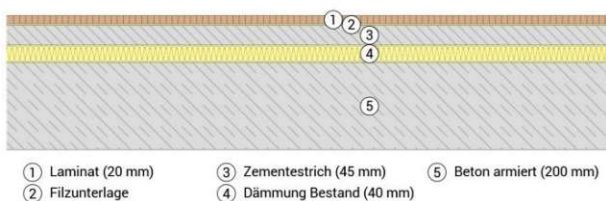
Bei der Wärmedämmung von Kellerdecken müssen einige Parameter berücksichtigt werden. Zum einen muss darauf geachtet werden, dass die resultierende lichte Raumhöhe nicht zu niedrig ausfällt. Des Weiteren ist die Dämmstärke durch Fenster bzw. Türen beschränkt. Auch mögliche Leitungen, Rohre und Lampen müssen beachtet und eventuell versetzt werden.

Die gemessene lichte Raumhöhe der Kellerräume liegt in diesem Gebäude bei ca. 2,30 m. Bei einem Tür-Rohbaumaß von 2,10 m und einer Türzarge von ca. 8cm stehen somit ca. 10cm für Dämmzwecke zur Verfügung.

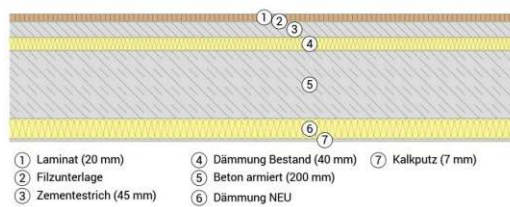
Auf die ungedämmte Deckenunterkante wird eine Dämmschicht angebracht und verputzt. Bild B 83 zeigt die beschriebene Ausführung. Hier kommen abermals Dämmstoffe, die verputzt werden können, zur Verwendung.

Aus den Ausführungen geht hervor, dass sowohl die Holzfaser 2 (hart) als auch die Steinwolle3 in derselben Stärke (10 cm) verwendet werden müssen und somit knapp im akzeptablen Rahmen liegen. Hingegen kann die XPSI-R Platte um 4cm geringer verlegt werden. Preislich ist die XPS-Platte am günstigsten, wobei auch





B68 - Kellerdecke - Bestand



B69 - Kellerdecke - Ergänzt

Kellerdecke – Dämmstoffvergleich				
U-Wert Vorgabe [W/(m <sup>2</sup> K)]	d [cm]	U-Wert resultierend [W/(m <sup>2</sup> K)]	Bauteilgesamtstärke [cm]	€/m <sup>2</sup>
	Vorlage	1,11	30,05	
0,30 (EnEV)	Vorlage + Holzfaser2: 10	0,29	41,20	21,85
0,30 (EnEV)	Vorlage + Steinwolle3: 10	0,27	41,20	15,66
0,30 (EnEV)	Vorlage + XPS1-R: 6	0,30	37,20	14,29

T23 - Kellerdecke - Dämmstoffvergleich

die Steinwolle keinen großen Ausschlag verzeichnet. Die Holzfaser ist hingegen rund 8 € teurer als die XPS. Für den ökologischen Vergleich können die Daten der Außenwände bezogen werden, da hier die gleichen Materialien untersucht wurden. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die XPS-Platte den geringsten Energieverbrauch vorweisen wird. Während die Holzfaser 2 im Bereich des GWP aufgrund ihrer Negativwerte an erster Stelle liegt, besticht jedoch die XPS-Platte im weiteren Vergleich durch bessere Werte in Bereichen des AP, EP und POCP. Die Steinwolle liegt zwar im mittleren Bereich, zeigt jedoch den besten Feuerwiderstand (AI). Tendenziell kann die Steinwolle<sup>3</sup> unverputzt belassen werden, während die Holzfaser und auch die XPS aufgrund ihrer schlechten Brandschutzwerte verkleidet werden müssen.

Es wird schlussendlich dazu tendiert, die Steinwolle auch in diesem Bereich zu bevorzugen, da im Falle eines Brandes sich sowohl die Holzwolle 2 als auch die XPSI-R mangelhaft verhalten könnten und durch Abschmelzen bzw. vermehrte Rauchbildung Löschmaßnahmen in den Kellerräumen behindern würden.

## FENSTER

Laut der EnEV2014 Vorgaben müssen Fenster einen  $U_w$ -Wert von 1,30 W/(m<sup>2</sup>K) vorweisen. Wie bereits vorgestellt, liegen

die Fenster des betrachteten Gebäudes zwischen  $U_w=1,7$  und 2,57 W/(m<sup>2</sup>K) und entsprechen somit nicht der Verordnung.

Entscheidet man sich für einen Austausch der Fenster, können beispielsweise Fenster der Marke Madera von SwissWindows<sup>40</sup> eingesetzt werden.

Diese haben einen  $U_w$ -Wert von 0,87 – 1,4 W/(m<sup>2</sup>K) und einen  $R_w$ -Wert von 45dB. Die dreifach verglasten Fenster haben einen Holzrahmen und eine äußere hinterlüftete Alubeplankung. Dadurch verfügt das Fenster nicht nur über sehr gute Wärmedämmeigenschaften, sondern ist auch gegen die Witterung geschützt. Ein weiterer Vorteil ist die freie Farbwahl, wodurch man sehr gut auf die Gestaltung des Gebäudes eingehen kann. Für den Ersatz der AW-2 können ebenfalls bodentiefe Fenster mit einer Balkontür in einer Holz-Alu-Ausführung eingesetzt werden.



B70 - SwissWindows - Madera alu<sup>41</sup>



## ZUSATZ

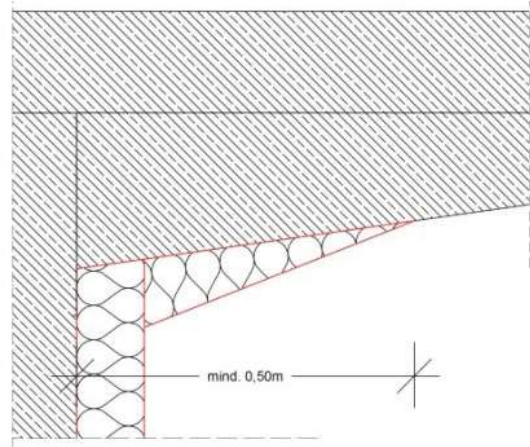
An den Loggien konnten, durch Inaugenscheinnahme, Wärmebrücken entlang der Stürze festgestellt werden, welche die auskragenden Deckenteile abstützen und stets entlang der tragenden Innenwände der großen Wohnungen platziert wurden.

Diese sind an der Südwestfassade gut erkennbar.

Bei einer Entscheidung die punktuellen Wärmebrücken entlang der Innenwände zu beseitigen, muss auch der Sturz von der äußeren Wandkante nach außen über eine Länge von min. 50 cm gedämmt werden, um Wärmeverluste zu verhindern.

Bild B 86 zeigt die mögliche Ausführung anhand einer 10 cm starken XPS-Platte entlang der Wand und einer den Sturz dämmenden Schicht, die sich nach außen verjüngt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass dadurch, dass das betrachtete Gebäude durchgehende Deckenplatten aufweist, es keine Entkoppelung zwischen Loggia (Außenraum) und Wohnung (Innenraum) gibt. Aus diesem Grund ist nicht nur der zuvor erwähnte Sturz, sondern der komplette Loggiafußboden als Wärmebrücke zu betrachten. Hier ergibt sich ebenfalls die Möglichkeit, diese Wärmebrücke mittels einer mind. Länge von 50 cm an Dämmung zu verkleiden. Dadurch, dass die lichte Raumhöhe hier über 2,70 m liegt, ergibt sich kein Problem bei der Wahl der Dämmstärke im Bezug auf die Raumhöhe. Es muss jedoch angemerkt werden, dass sich durch die zusätzliche Dämmschicht entlang der Decke, das ästhetische Bild der Loggien ändert. Ist es an dieser Stelle wichtig, ein homogenes Bild beizubehalten und zusätzliche Kanten zu vermeiden, sollte die Dämmung bis zur Kante der Loggiadecke durchgezogen werden.



B71 - Loggia-Schwert gedämmt

Als weitere Option kann ein Austausch der Brüstungen durch Module oder vollverglaste Elemente in Betracht gezogen werden.

Wärmebrücken, welche an den Rolllädenkästen festgestellt wurden, können durch ein Fortführen der neuen Dämmschicht bis zur Unterkante des Kastens verhindert werden. Hierdurch kann der Ersatz bzw. eine Verkleidung der Kästen innerhalb der Wohneinheiten vermieden werden.

Durch die vorangegangene Analyse ergeben sich folgende Empfehlungen für die Sanierung des Gebäudes:

Bauteil betrachtet, welches für die Erreichung der Mindestanforderungen für Wärmeschutz lt. EnEV2014 erforderlich ist.

Bauteil	U-Wert EnEV2014	U-Wert ALT	Dämmung/ Art	U-Wert NEU	Kosten <sup>1</sup> [€/m <sup>2</sup> ]	Brandschutz
Dach	0,20 W/(m <sup>2</sup> K)	0,70 W/(m <sup>2</sup> K)	XPS1	0,19 – 0,20 W/(m <sup>2</sup> K)	23,33	erfüllt
AW-1	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	1,20 W/(m <sup>2</sup> K)	Steinwolle 3	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	19,28	erfüllt
AW-4	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	1,25 W/(m <sup>2</sup> K)	Steinwolle 3	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	19,28	erfüllt
AW-5	0,24 - 1,30 W/(m <sup>2</sup> K)	1,37 W/(m <sup>2</sup> K)	Steinwolle 3	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	19,28	erfüllt
AW-3	0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	1,74 W/(m <sup>2</sup> K)	Steinwolle 3	0,22- 0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	22,49	erfüllt
AW-2	0,24 - 1,30 W/(m <sup>2</sup> K)	2,57 W/(m <sup>2</sup> K)	Holz-Alu – 3fach verglast	0,87 – 1,4 W/(m <sup>2</sup> K)	-	erfüllt
Kellerdecke	0,30 W/(m <sup>2</sup> K)	1,11 W/(m <sup>2</sup> K)	Steinwolle 3	0,27 W/(m <sup>2</sup> K)	15,66	erfüllt
Fenster	1,30 W/(m <sup>2</sup> K)	1,7 und 2,57 W/(m <sup>2</sup> K)	Holz-Alu – 3fach verglast	0,87 – 1,4 W/(m <sup>2</sup> K)	-	erfüllt

<sup>1</sup> Kosten lediglich für die benötigte Menge an eingesetztem Dämmstoff.

T24 - Zusammenfassung

Es wird ersichtlich, dass die wärmetechnische Sanierung mittels Steinwolle, in nahezu allen Bereichen empfohlen werden kann. Anhand einer Evaluierungsmatrix für die AW1-Dämmung, kann die Entscheidung sehr gut beleuchtet werden. Hierfür wurden sowohl die Vorgaben aus der EnEV2014 sowie die ökologische Bewertung der Dämmstoffe als Entscheidungskriterien herangezogen. Für die ökologische Bewertung wurde das Volumen der Dämmstoffe [m<sup>3</sup>] pro m<sup>2</sup>

Es wird ersichtlich, dass sich bauphysikalische Werte enorm auf die ökologische Bewertung auswirken können. Hier gilt, ein besserer Lambda-Wert des Baustoffes führt zu einem geringeren Bedarf diesen, was wiederum zu besseren ökologischen Werten führt, da u. A. weniger Energie und Rohstoffe für dessen Produktion erforderlich sind. Wichtig anzumerken ist, dass gerade im Bereich der Außensanierung nur bestimmte Arten an Baumaterial eingesetzt werden können

Evaluierungsmatrix AW1 Dämmung			Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Option 6	Option 7	Option 8
			Holzfaserv1h	Holzfaserv2h	Holzfaserv1w	Holzfaserv2w	Steinwolle 3 V1	Steinwolle 3 V2	XPS1-R V1	XPS2-R V2
	Kriterium	Gewichtung [%]	Bewertung*							
EnEV 2014	Wärmeschutz	30%	2	2	2	2	4	4	5	5
	Brandschutz	20%	2	2	2	2	5	5	2	2
	Schallschutz	10%	3	3	5	5	5	5	3	3
Ökologie	Gesamtenergiebedarf	20%	5	5	3	3	5	5	5	5
	GWP	10%	5	5	1	1	4	4	4	4
	Umweltauswirkungen	10%	2	2	1	1	4	4	5	5
		100%	30	30	23	23	45	45	41	41

\*Bewertungsskala: 1 sehr schlecht; 2 schlecht; 3 ausreichend; 4 gut; 5 sehr gut

T25 - Evaluierungsmatrix AW1 Dämmung

bzw. witterungsanfällige Baustoffe zusätzlich geschützt werden müssen, wodurch sich sowohl die ökologischen als auch ökonomischen Werte verschlechtern. Dies ist gerade im Bereich der Dämmmaterialien sehr gut nachvollziehbar.

Im zweiten Teil dieser Arbeit werden die hier gewonnenen Erkenntnisse für die Ausarbeitung von Modulen verwendet. Es wird angenommen, dass durch die mögliche Demontage und Wiederverwendung der Module, eine höhere Nachhaltigkeit erzielt wird. Auch die Möglichkeit solche Elemente vollständig zu recyceln sollte sich auf den ökologischen Fußabdruck des zu sanierenden Gebäudes positiv auswirken.







# TEIL II MODULE

# MODULE-WARUM?

Im vorhergehenden Teil dieser Arbeit wurde dargestellt, wie Bestandsgebäude üblicherweise saniert werden. Doch trotz der geringeren Menge an Material (gegenüber der Modularen-Sanierung) welche sich positiv auf die ökologischen Werte auswirkt, können diese im Laufe der Zeit nicht wieder verwendet und auch bei einem Rückbau, nicht restlos voneinander getrennt werden. Dies resultiert in einem negativen Recyclingverhalten und überschattet die anfangs positiven ökologischen Werte.

Will man heutzutage von nachhaltiger Sanierung sprechen, kommt man um den Begriff der „Modularen-Sanierung“ nicht herum. Aber was ist ein Modul und wieso soll dieses, trotz höheren Arbeits- und Materialaufwandes, besser sein als die übliche Methode der Sanierung?

Module sind vorgefertigte Bauteile, welche sowohl als ganzes aber auch einzeln gefertigt werden können. Dabei unterscheidet man zwischen der modularen Bauweise von Bauteilen wie z. B. Wänden und einzelnen Modulen, welche an tragende, äußere Bauteile angeschlossen werden können.

Da diese Arbeit sich mit der Sanierung von bereits bestehenden Objekten beschäftigt, werden lediglich modulare Fassadenelemente vorgestellt, welche im Werk vorgefertigt werden und vor Ort bei Bedarf lediglich angepasst werden können. Somit ergeben sich bereits drei Vorteile von Modulen – Recycling, Vorfertigung und Anpassbarkeit. Des Weiteren verfügen Module über eine große Menge an Gestaltungsmöglichkeiten mittels vorgesetzter Fassadenplatten. Diese

können in Form, Material und Farbe frei gewählt werden.

Auch deren Sanierung oder Ersatz gestaltet sich leichter als bei einem zusammenhängendem Dämmsystem.

Ein weiterer großer Vorteil ist die Befestigung der Module am Bestand. Diese können selbsttragend ausgeführt werden, falls der Bestand ein mangelhaftes statisches Verhalten aufweist.

# MODULGESTALTUNG

Für die Wahl der passenden Module gibt es mehrere Auswahlkriterien. Zum einen muss der erreichte U-Wert den Vorgaben der EnEV genügen. Für ein Bestandsgebäude wäre dieser  $U \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Desweiteren sollte der Brandschutz aber auch der Feuchteschutz beachtet werden.

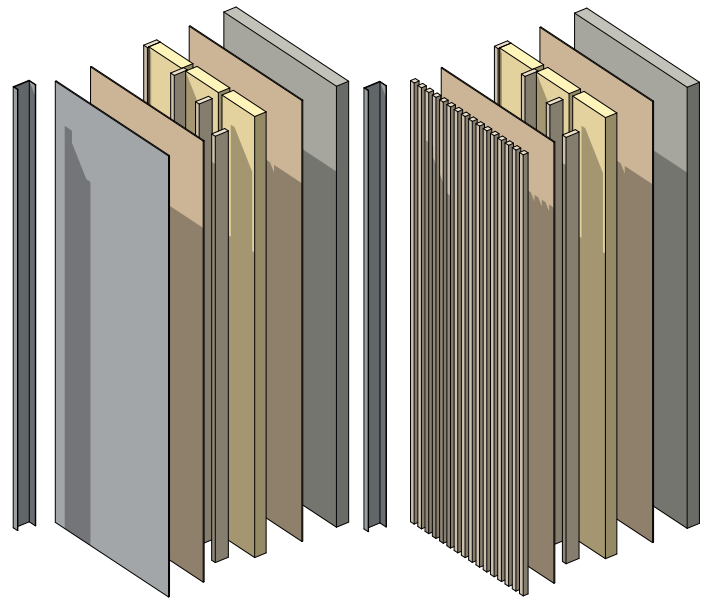
Die hier gewählten Module bestehen aus mehreren Schichten.

Mineral- und Holzwohle bilden den Kern der Module. Diese kristallisierten sich aus den Erkenntnissen des ersten Teils dieser Arbeit heraus.

Als umschließende Hülle werden Holzwerkstoffe (OSB bzw. Elka esb) verwendet. Zusätzlich wird Konstruktionsvollholz eingesetzt.

Bei der Wahl des Rahmens fiel die Wahl auf das Material Metall, da dieses langlebiger und weniger anfällig (Schädlingsbefall, Witterung usw.) ist, sowie über ein besseres Brandverhalten verfügt als Holz.

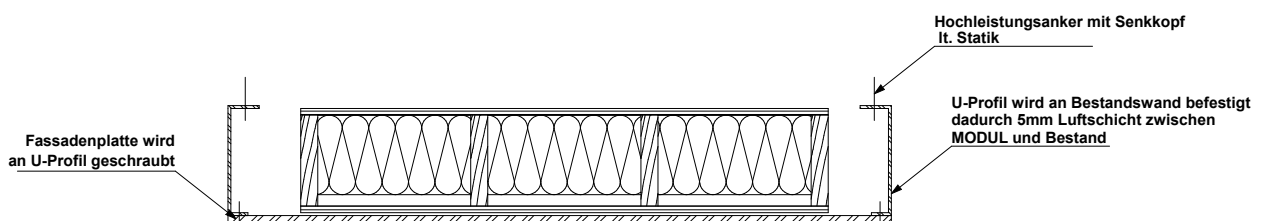
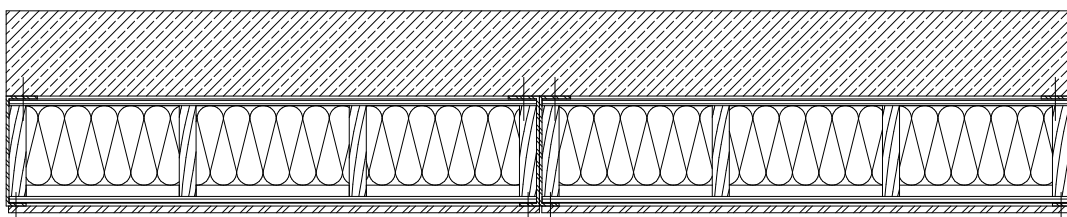
Für die Außenhaut können unterschiedliche Materialien eingesetzt werden.



B72 - Modul -Aufbau mit untersch. Außenhaut

In der Darstellung B 89, sind zwei Varianten dargestellt. Links als abgeschlossene Plate und rechts als Lamellen mit offener Trägerplatte aus ESB.

Im Weiteren wurden Module mit Holz, Eternit und Putzträgerplatten untersucht. Für die Modulhülle wurde OSB und ESB eingesetzt.



B73 - Fassade -Moduleinbau



# AUFBAU

Wie bereits beschrieben werden MODU-LE aus unterschiedlichen Schichten zusammengesetzt. Der Vorteil der hier beschriebenen Module ist jener, dass diese vor Ort zugeschnitten werden können, da alle Bestandteile mittels z.B. einer Kreissäge ohne Schäden gekürzt werden können.

Zunächst wurde untersucht, welcher Schichtaufbau Schadensfrei funktionieren könnten. Dabei war der erste Schritt zu untersuchen ob eine Hinterlüftung der Module nötig ist. Mittels [www.ubakus.de](http://www.ubakus.de) konnte schnell ermittelt werden, wie der Temperaturverlauf im Bauteil ausfällt aber auch welcher U-Wert erreicht werden könnte.

Wie das Beispielbild B 91 zeigt, fällt im Modul ohne Hinterlüftung Tauwasser zwischen Dämmschicht und umschließender Hülle an. Als Vergleich rechts daneben B 92 das gleiche Modul mit Hinterlüftung. Was sich in der linken Darstellung zeigt, spielt sich auch bei allen anderen untersuchten Varianten ab.

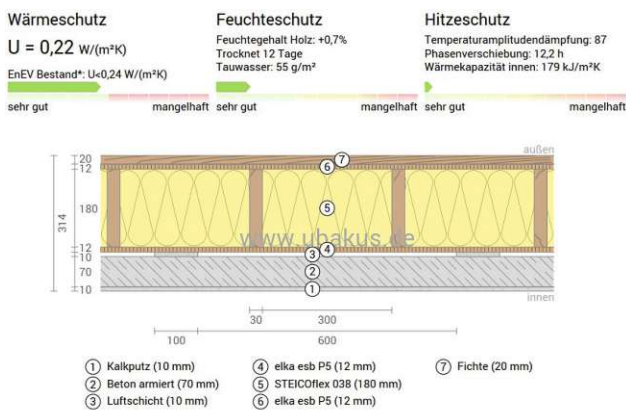
Alle Datenblätter zu den durchspielten Modulvarianten finden sich im Anhang der Arbeit.

Es wurde folglich entschieden, sich lediglich auf einen Aufbau mit Luftschicht zu beschränken und die Module daraufhin zu untersuchen, welcher Aufbau aus Sicht der bauphysikalischen Anforderungen der beste wäre.

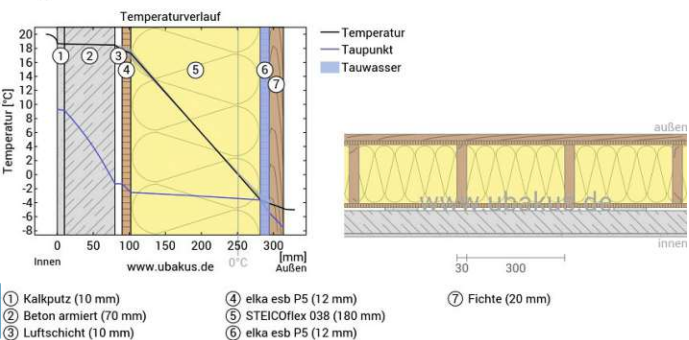
Zusätzlich sollte gesagt werden, dass zwischen Metallrahmen und STB-Wand ein Vlies eingesetzt werden könnte, welches sowohl die Wand schützt als auch den U-Wert an dieser Stelle verbessern würde. Diese Schicht wurde nicht in der Untersuchung mittels [Ubakus.de](http://Ubakus.de) eingeplant, da der Einsatz des Vlieses zusätzlichen Aufwand und Kosten bedeuten würde.

In den folgenden Bildern B 93 bis B 105 erkennt man sowohl den Aufbau als auch die bauphysikalischen Werte der einzelnen Varianten.

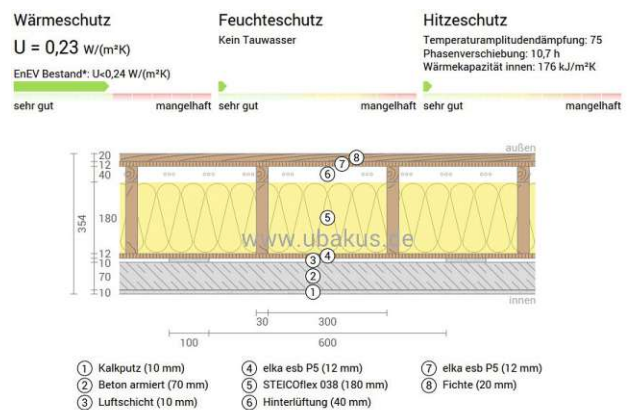
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



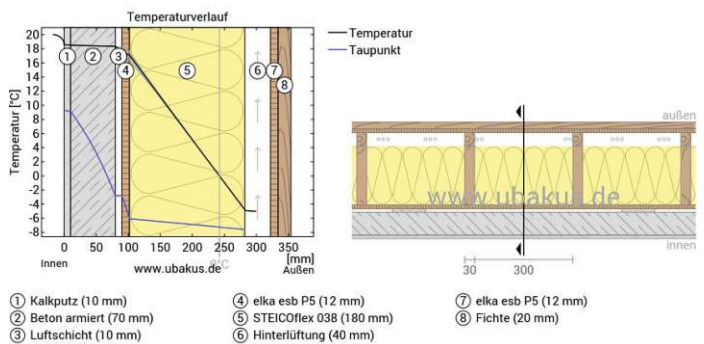
Temperaturverlauf



B74 - Modul -ESB\_HW ohne Hinterlüftung



Temperaturverlauf



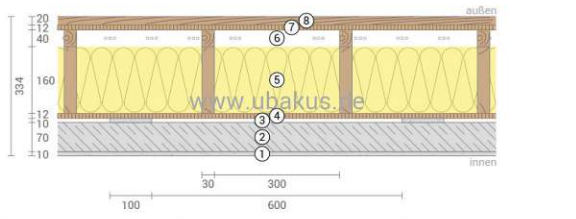
B75 - Modul -ESB\_HW mit Hinterlüftung

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 70  
 Phasenverschiebung: 10,0 h  
 Wärmekapazität innen: 173 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

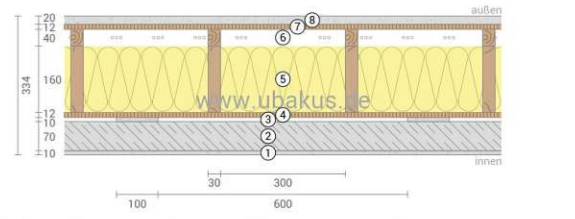
B76 - Modul-ESB\_MW (Holz)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 90  
 Phasenverschiebung: 10,0 h  
 Wärmekapazität innen: 173 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

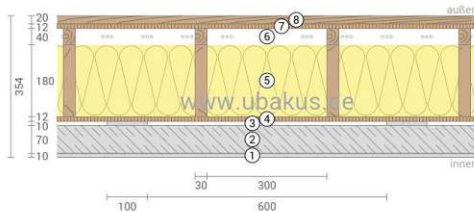
B80 - Modul-ESB\_MW (Eternit)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 74  
 Phasenverschiebung: 10,7 h  
 Wärmekapazität innen: 174 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

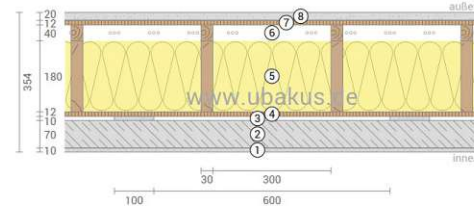
B77 - Modul-OSB\_HW (Holz)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 74  
 Phasenverschiebung: 10,7 h  
 Wärmekapazität innen: 174 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

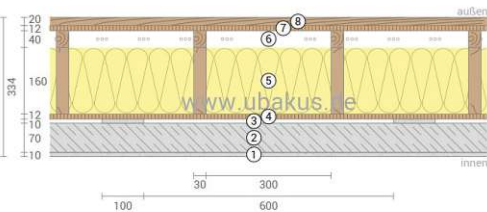
B81 - Modul-OSB\_HW (Eternit)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 68  
 Phasenverschiebung: 9,8 h  
 Wärmekapazität innen: 171 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

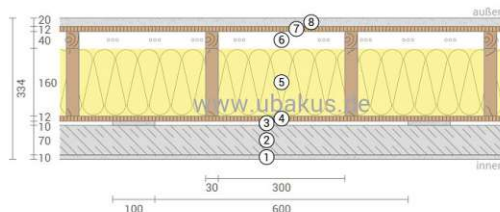
B78 - Modul-OSB\_MW (Holz)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 68  
 Phasenverschiebung: 9,8 h  
 Wärmekapazität innen: 171 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

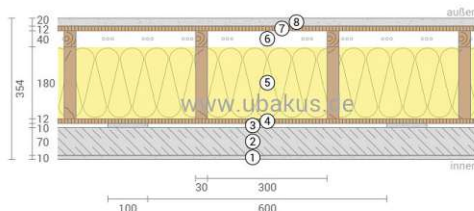
B82 - Modul-OSB\_MW (Eternit)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 75  
 Phasenverschiebung: 10,7 h  
 Wärmekapazität innen: 176 kJ/m<sup>2</sup>K

sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

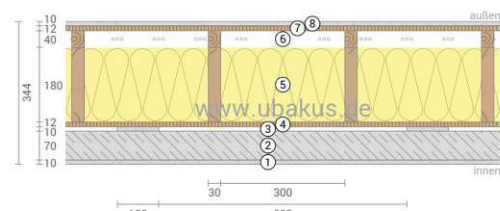
B79 - Modul-ESB\_HW (Eternit)

**Wärmeschutz**  
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
 Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**  
 Temperaturamplitudendämpfung: 75  
 Phasenverschiebung: 10,7 h  
 Wärmekapazität innen: 176 kJ/m<sup>2</sup>K

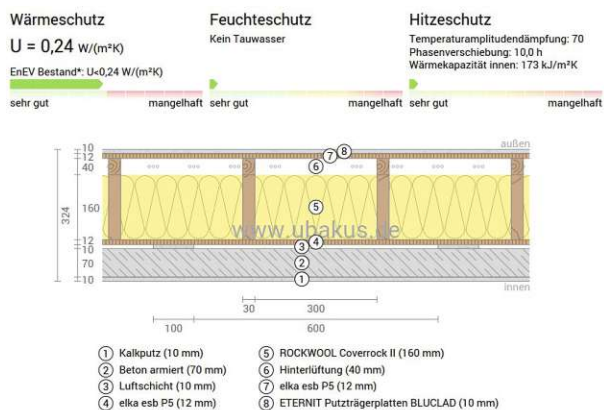
sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft    sehr gut    mangelhaft



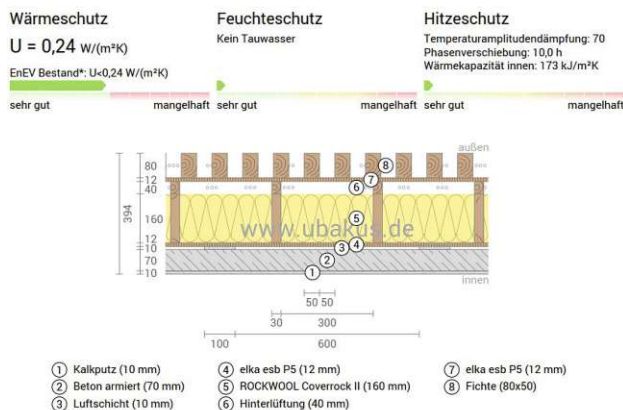
- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

B83 - Modul-ESB\_HW (Putzträgerplatte)



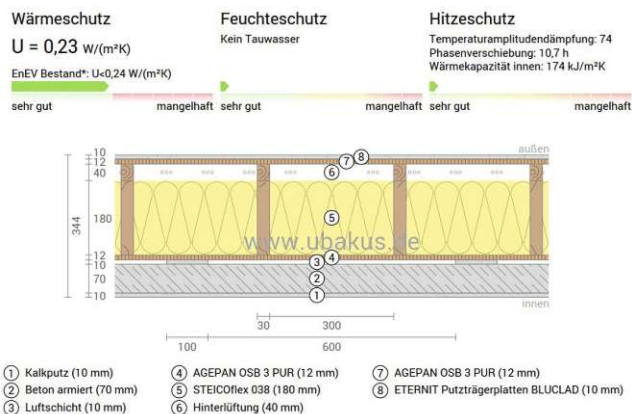


B84 - Modul-ESB\_MW (Putzträgerplatte)



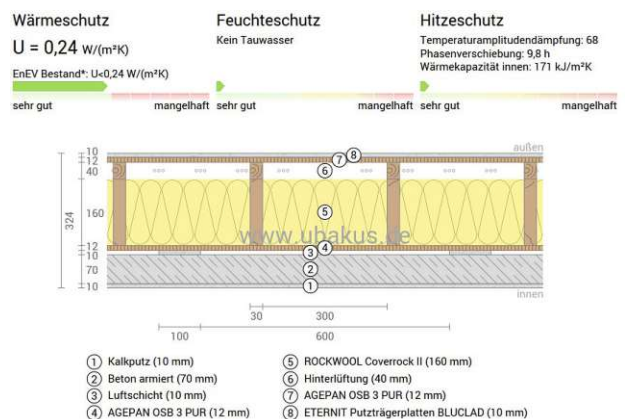
B88 - Modul-ESB\_MW (Holzlamellen)

Bei dem Vergleich der Modulvarianten erkennt man sehr schnell, dass sich kaum etwas ändert. Der Aufbau mit Holzwolle fällt geringfügig besser aus, als der Aufbau mit Mineralwolle, dies ist jedoch auf die 2cm stärkere Schichtstärke zurückzuführen, welche jedoch eingesetzt werden muss um mindestens einen U-Wert von  $0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  zu erreichen.



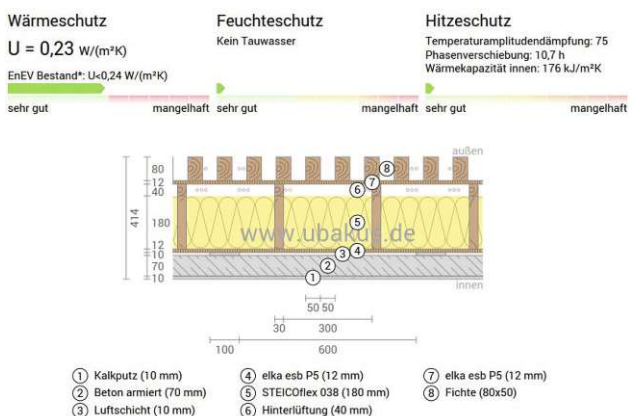
B85 - Modul-OSB\_HW (Putzträgerplatte)

Brandschutztechnisch ist der Einsatz einer MW-Dämmung und einer nicht brennbaren Außenhaut ratsam.



B86 - Modul-OSB\_MW (Putzträgerplatte)

Bei der Entscheidung zwischen OSB und ESB Platten, ist zu einer ESB Konstruktion zu raten, da diese auch durch ihr gutes quellverhalten auch in feuchten Bereichen verbaut werden kann und somit auch als Fassadenplatte eingesetzt werden könnte.



B87 - Modul-ESB\_HW (Holzlamellen)

Durch die geringere Aufbaustärke und den geringen Unterschied im Bauteilgewicht (als Beispiel Modul-ESB\_HW (Holz) mit  $221 \text{ kg/m}^2$  und ESB\_MW (Holz) mit  $228 \text{ kg/m}^2$ ) wäre ein Aufbau mit WM-Dämmung eine gute Wahl.

# SANIERUNG

Die Sanierung mittels Modulen bedarf mehrerer Schritte, welche sich von Gebäude zu Gebäude unterscheiden können.

Im Bezug auf das hier gewählte Beispielgebäude werden zunächst alte Fassadenelemente bis auf den teils tragenden STB-Kern abgetragen.

Im Falle der verbauten Sandwichelemente sind es vorgehängte Betonplatten sowie die dahinter angebrachte Dämmschicht.

Zusätzlich werden bei Bedarf auch die Fenster ausgebaut werden müssen, falls man sich für den Ersatz dieser entscheidet.

In den Darstellungen der Nord und Süd Fassaden ist dieser Vorgang dargestellt.

Man kann erkennen, dass an der Süd Fassade auch die Geländer der Loggien abgebrochen werden sollen, da aufgrund der herausragenden Bodenplatten große Wärmebrücken entstehen und im Laufe der Sanierung mit Hilfe einer Loggien-Verglasung reduziert werden sollen.

Durch die, an den Außenwänden umlaufenden Heizleisten, genügt der Schritt der Loggien-Verglasung mittels Glaselementen um den U-Wert an dieser Stelle zu verbessern. Die Entscheidung des Austausches der Fenster an der AW-2 wird hierdurch von der Notwendigkeit zur Wahl.



B89 - Fassade -Nord



B91 - Fassade -Süd



B90 - Fassade -Nord Abbruch



B92 - Fassade -Süd Abbruch



# VORGEHENSWEISE

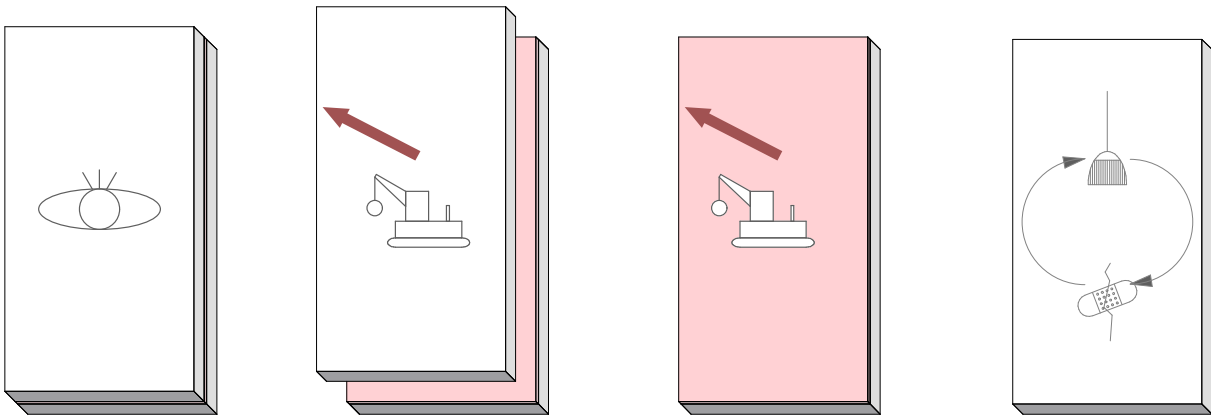
Nach dem Abbruch der alten Fassadenplatten ist das weitere Vorgehen schnell umschrieben.

Zunächst werden die STB-Wände auf Schäden geprüft. In den meisten Fällen sind es Risse oder Rost (rot-braune Stellen) und können ohne hohen Aufwand erkannt werden.

Korrosion entsteht da, wo Feuchtigkeit in

Wird Korrosion an der Bewehrung entdeckt, muss diese beseitigt werden bevor die Module angebracht werden können.

Die Betonsanierung erfolgt dann in wenigen Schritten. Nach der Feststellung eines Schadens an der Bewehrung wird zunächst die betroffene Stelle von Betonresten und Rost (z.B. mittels einer einfachen Drahtbürste, einer elektrischen Drahtbürste oder eines Sandstrahlgeräts bei großen Stellen) befreit.



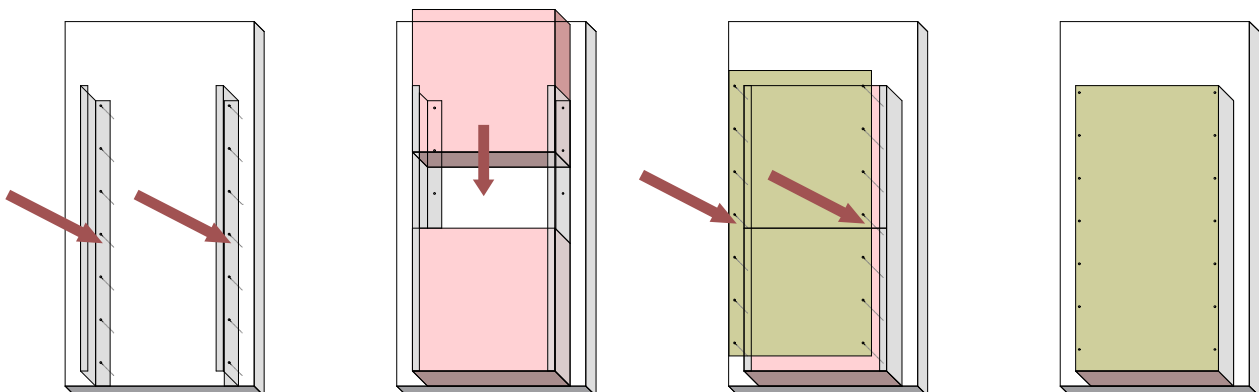
B93 - Fassade - Vorbereitung

den Beton eindringt. Durch den Rost dehnt sich das Metall aus und verursacht Risse. Zusätzlich können Risse auch durch Überbelastung des Bauteils entstehen. Falsche Lastannahmen, Erdbebenfolgen und andere Faktoren können ebenfalls zur Rissbildung an Betonteilen beitragen und müssen unter Einbeziehung eines Statikers behoben werden.

Bei Bedenken, ob die Bewehrung schadhaft ist, kann nach Bedarf die Betonschicht stichprobenartig bis zur Bewehrung abgetragen und somit der Zustand dieser geprüft werden.

Sind die Schäden gering, wird die offen liegende Bewehrung mit einem Rostschutzmittel behandelt und wieder verschlossen (mittels z.B. Reparaturmörtel). Sind nur kleinere Risse sichtbar, muss die Betonschicht nicht abgetragen werden. In diesem Fall kann die Stelle durch verschiedene Füllstoffe (Harze, Zementleim usw.) verschlossen werden.

Ist der Beton schadfrei, wird als nächstes in passenden Abständen der Metallrahmen angebracht. Es ist möglich zwischen Wand und Rahmen eine Schicht Vlies anzulegen, so dass die hier entstehende Wärmebrücke gemindert wird.



B94- Fassade - Anbringen der Module



B95 – Fassade – Konstruktion und Modulauswahl

In den meisten Fällen wird jedoch darauf verzichtet und die Metallteile direkt an die Fassade geschraubt. Welche Schrauben und in welchen Abständen diese verwendet werden, wird durch den zuständigen Fachplaner (meist Statiker) oder die Anbieter der Rahmenkonstruktion bestimmt. Die Rahmenabstände (Rippenabstände) variieren nach Bedarf, sollten jedoch nicht weiter ca. 62,5 cm liegen.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Montageart geht davon aus, dass die einzelnen Module in die bereits befestigten Rahmenteile von Oben vertikal eingeschoben werden können. Der Vorgang wird im Bild B111 dargestellt.

Um mögliche Problemen beim Einbau zu verhindern, werden die Module etwas schmaler gewählt als der Rahmen, dadurch erhält man einen kleinen Puffer.

Durch die darauffolgende Montage der gewählten Fassadenplatten an den Rahmen mittels Schrauben/ Dübeln etc. werden auch die Module an den Rahmen befestigt. Dies geschieht durch die Durchdringung des Metallrahmens und

der Konstruktionsholzes der Module.

Wird sich für den Austausch der Fenster entschieden, werden diese vor der Montage der Module ausgetauscht.

Das Bild B112 zeigt die Konstruktion der Module samt Befestigung. Es ist hier klar erkennbar, dass die Wahl der Außenhaut nahezu unendlich sein kann. Durch Putzträgerplatten, können die Module in unterschiedlichen Farben und Putzformen verputzt werden. Wählt man Holz, gibt es die Möglichkeit zwischen unterschiedlichen Holzarten und Lasuren zu wählen und so, Form und Farbe zu bestimmen. Auch andere Materialien wie Naturstein und Eternit können interessante Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Auch Metallplatten, welche gestanzte oder in Form gepresst und gebogen werden sind möglich.

Teilweise können auch andere Module in den Rahmen eingebracht werden. So können Photovoltaik-Elemente oder Begrünte Module eingelassen werden und das Gebäude noch effizienter und visuell interessanter machen.

Um eine Abdichtung der Fenster zu gewährleisten, wird um diese ein Rahmen (Leibungsverkleidungssystem) angebracht. Dieser wird mit dem Fensterrahmen fest verschraubt.  
(Siehe Detail - Fenster)

In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass die Statik des Bestandes das Gewicht der Module samt Rahmen aufnehmen kann und somit in den nachfolgenden Details ein System vorgestellt, welches an den Bestand angebracht wird und nicht selbsttragend ist. Es muss jedoch erneut erwähnt werden, dass nicht jedes Bestandsgebäude diese Tragfähigkeit aufweist, so dass dort Selbsttragende Systeme verwendet werden müssen.

## GESTALTUNG

Bei der Gestaltung der Fassade sind nahezu keine Grenzen gesetzt. So können unterschiedliche Materialien wie Holz, Stein, Eternit, Metall, Plastik usw. für die Außenhaut eingesetzt werden. Es sind zusätzlich auch Ergänzung durch PV- und begrünte Module möglich.

Im Nachfolgenden werden einige Gestaltungsbeispiele aufgeführt und näher beschrieben.

Bilder B113 und B114 zeigen die Fassadenvariante A in der eine Holzschalung sowie Putzträgerplatten für die Außenhaut gewählt wurden.

Dabei wurden, wie in B113 ersichtlich, die Loggien komplett verglast. Für die festverglasten Geländer wurden abgedunkelte Glasscheiben gewählt, welche der Farbe des Holzes entsprechen.

Die oberen beweglichen Scheiben werden aus Normalglas ausgeführt.

Die durch Putzträgerplatten verkleideten Bereiche, gehören u. A. zum Treppenraum und werden farblich abgesetzt.

Im Gesamtbild wirkt die Verbindung zwischen hellen und dunklen Materialien auflockernd.

Durch die verputzten Bereiche, kann schnell und günstig eine Differenzierung zwischen ähnlichen Gebäuden erreicht werden. Dies kann mittels unterschiedlicher Farben und/ oder Strukturen erreicht werden.





B96 - Fassadenvariante A - Holz-Putzträgerplatte Süd



B97 - Fassadenvariante A - Holz-Putzträgerplatte Nord



Die Fassadenvariante B zeigt ein eher helles Farbkonzept. Hier wurden Eternitplatten und Natursteinplatten verwendet.

Die Loggien wurden hierbei ebenfalls mit Natursteinplatten verkleidet und verfügen über bewegliche Glasscheiben oberhalb der Absturzgrenze von 100 cm ab OK-FFB Loggia.

Die inneren Bereiche wurden in hellen Farben gehalten, da diese Bereiche individuell anpassbar sind und durch die unterschiedlichen Geschmäcker der Bewohner ein weiteres Element in das Erscheinungsbild der Gebäude beitragen könnten.

Der Vorteil der Verdeckten Geländerbereiche ist, dass nahezu alles was sich im unteren Bereich der Loggien abspielt, nach außen nicht sichtbar ist.

Der Nachteil gegenüber den vollverglassten Loggien aus der Fassadenvariante A ist, dass weniger Licht in die Wohnräume dringen kann.

Allgemein kann gesagt werden, dass diese Variante sich gerade durch ihre Farbgebung in die Landschaft integriert und dennoch abhebt.

Das hier verwendete Material hat einige Vor- aber auch Nachteile.

Das Eigengewicht der Platten ist höher als das von Holz- oder Putzträgerplatten. Somit wird statisch gesehen, das Bestandsgebäude einer höheren Belastung ausgesetzt als bei Variante A. Auch aus ökologischer Sicht, wäre Holz vorteilhafter. Der Einbau der Eternit- und Natursteinplatten könnte sich schwieriger gestalten, da diese möglicherweise Risse bilden könnten.

Auch sind Schäden während des Transportes wahrscheinlicher (abgeschlagene Ecken) als bei weicheren und leichteren Materialien.

Es gibt jedoch auch positive Aspekte.

Brandschutztechnisch sind Eternit- und Natursteinplatten besser zu bewerten als Holz. Auch im Hinblick auf die Witterung schneiden Eternit und Naturstein besser ab, da diese sowohl bei Sonne als auch bei Regen ein besseres Verhalten aufzeigen.

Gerade in feuchteren Gebieten wie z.B. Hamburg, sind solche Systeme zu bevorzugen.

Ein Schädlingsbefall muss hier nicht befürchtet werden und auch die Reinigung der Fassade ist nicht nur möglich, sondern gestaltet sich einfacher als bei weichen Materialien.

Bei Schäden an einzelnen Platen, können problemlos neue angefertigt werden.

Auch hier sind unterschiedliche Farb- und Strukturvarianten möglich und können leicht umgesetzt werden. Dadurch können die Gebäude an die Umgebung angepasst werden oder sich gewollt von dieser abheben.

Das Bild B116 zeigt die Möglichkeit den Eingangsbereich und die innere Erschließung nach außen sichtbar zu machen. So können bestimmte Bereiche der Gebäude mittels unterschiedlicher Fassadenplatten abgehoben werden.



B98 - Fassadenvariante B - Eternit Süd



B99 - Fassadenvariante B - Eternit Nord



Die Fassadenvariante C stellt die Möglichkeit, unterschiedliche Module sowie Materialien in einem Gebäude zu kombinieren, dar.

Hier wurden Naturstein- und Putzträgerplatten sowie begrünte Module angebracht.

Die Begrünter Module befinden sich an der Südseite des Gebäudes in den Bereichen der Schlafräume der kleineren Wohnungen sowie entlang der Badezimmer an den Ost- und Westseiten.

Auch hier ist ein eher helles Farbkonzept zu sehen, wobei die Elemente über und unter den Fenstern, die Loggien und die Zierelemente vor dem Treppenraum über Natursteinplatten verfügen.

Somit wurden Bereiche in denen es zu Verschmutzungen kommen könnte dunkel und die übrigen Bereiche hell gehalten.

Durch die Begrünter Elemente entlang der Schlafräume kann ein höherer Schall- und Hitzeschutz erreicht werden. Die übrigen Schlafräume sind durch die Loggienverglasung und den dadurch entstehenden Pufferraum geschützt.

Obgleich das in dieser Arbeit betrachtete Gebiet als sehr grün bewertet werden kann, ist die Möglichkeit der Fassadenbegrünung sehr wichtig, da ähnliche Gebäude oft in weniger grünen Gebieten zu finden sind und immer mehr Städte eine Fassaden und/ oder Dachbegrünung vorschreiben.

Das hier vorgestellte System ist jedoch lasttechnisch eher im höheren Segment anzusiedeln. Je nach Anbieter können die begrünten Module eine um einiges höhere Last aufweisen als die übrigen Module und brauchen ein anderes Befestigungssystem.

Desweiteren wären auch PV-Fassadenmodule möglich, wobei auch hier sowohl eine andere Befestigung als auch bestimmte Voraussetzungen an den Standort gestellt werden müssen.

Abschließend kann gesagt werden, dass den Gestaltungsmöglichkeiten kaum Grenzen gesetzt werden müssen. Es können auch verhältnismäßig günstigere Fassadenplatten ein beeindruckendes Gesamtbild ergeben, welches nicht nur äußerlich sondern auch praktisch viele Vorteile bietet.

Im Weiteren werden die Standarddetails für die Fassadenvariante B bzw. C vorgestellt. Für alle Details wurde die AW - 4 ausgewählt, da diese mit nur 7cm STB - Schicht, die geringste Stärke aufweist und sich gerade im Bereich der Fenster als problematisch erweisen könnte, falls die Verlagerung der Schlafzimmersfenster von der Wand AW - 3 zu AW - 4 beabsichtigt werden sollte.



B100 - Fassadenvariante C - Mix Süd



B101 - Fassadenvariante C - Mix Nord



# DETAIL – FENSTER

Das Detail B120 zeigt eine Möglichkeit der Ausführung von Fenstern bei einer Sanierung mittels vorgesetzter Fassadenmodulen.

Um besser verstehen zu können, wie das vorgestellte System aussehen könnte, wurde als Beispiel das Bild B119 ausgewählt, welches die Modulare Fassade der Sparkasse in Kulmbach (DE) samt Fenster zeigt. Hier ist klar erkennbar, dass die Hinterlüftung durch die Luftschlitze neben dem Fenster gewährleistet wird.

Im betrachteten Detail B120 wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Fenster durch 2-fach verglaste Holzfenster ersetzt werden. Durch die umlaufende Leibung (Fensterbox) aus Metall, welche an dem Fensterrahmen befestigt wird, wird das Fenster von den Modulen abgegrenzt, so dass keine Feuchtigkeit ein- oder ausdringen kann. Solche Systeme sind bereits seit langem gängig, da gerade bei hinterlüfteten Fassaden solche Anchlusselemente nötig sind.

Die in der Leibung dargestellten Luftschlitze sind optional und werden je nach Einbau der Module benötigt. Es ist hierbei wichtig zu beleuchten, dass die Kanthölzer, welche zur Aussteifung der Module benötigt werden, je nach Ausführung liegend oder stehend ausgeführt werden können und somit die Lage der Luftschlitze in der Fensterlaibung oder am Sockel/Attika bestimmen.

Im dargestellten Detail ist ebenfalls optional ein Vlies entlang des Metallrahmens angebracht worden. Durch dieses Vlies ergeben sich Vorteile im Bereich des U-Wertes sowie Schutz der STB-Wände.



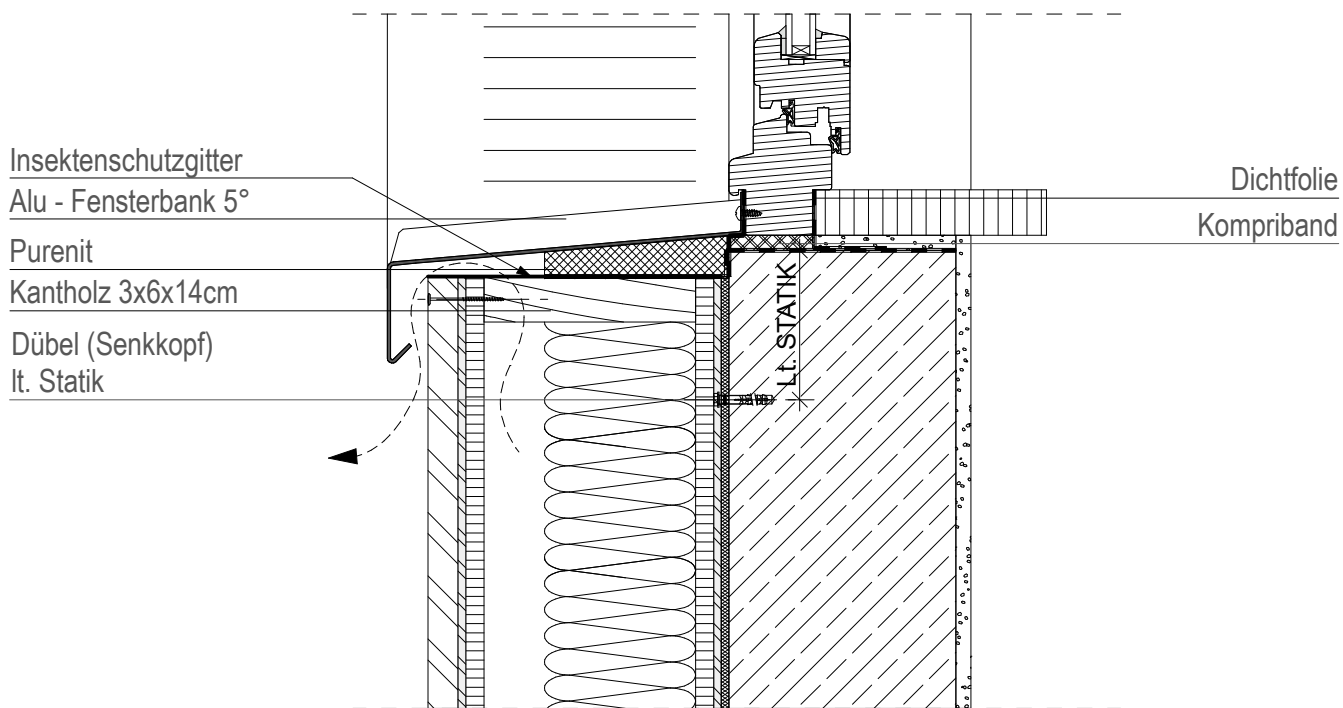
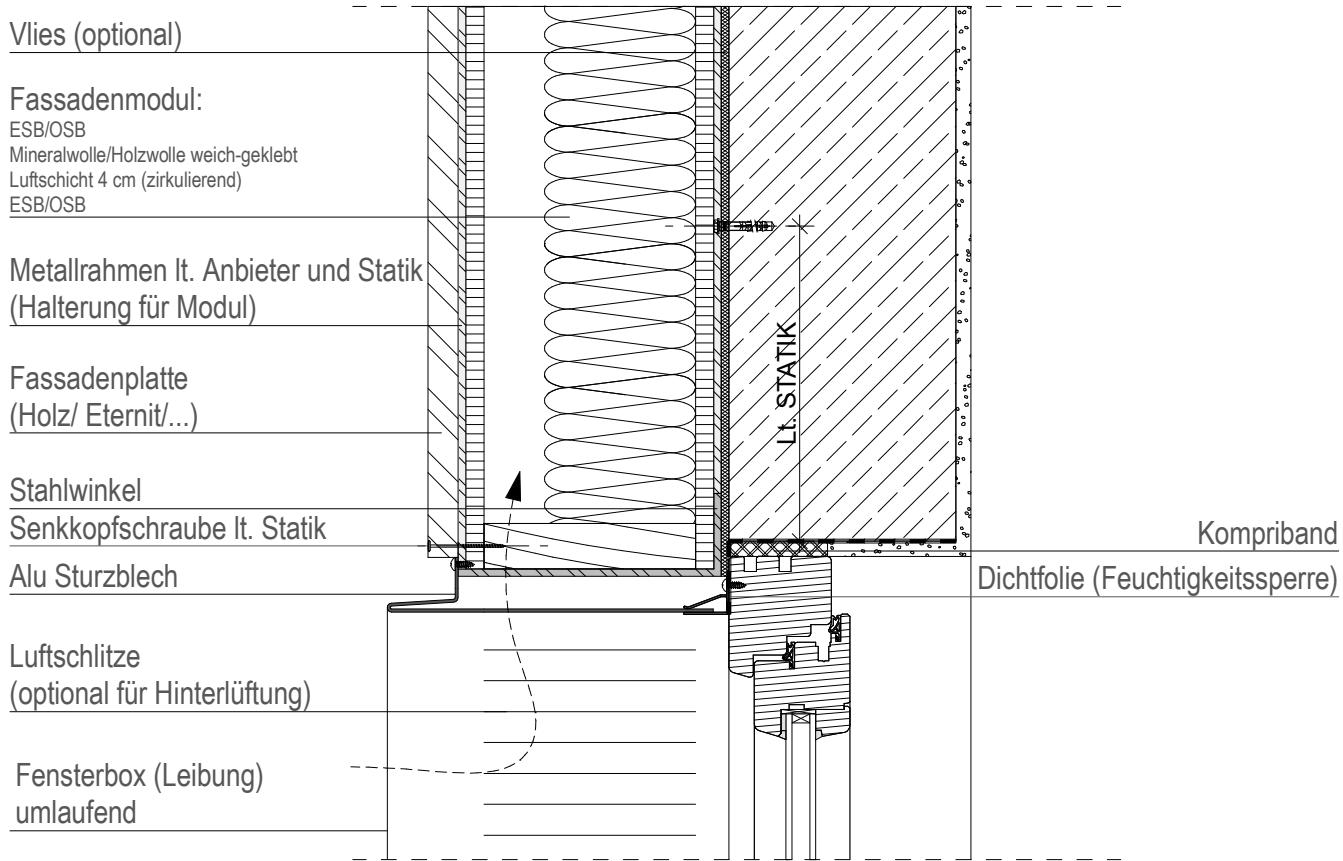
B102 – Fenster – Sparkasse Kulmbach

Als Nachteile können hier die Zusatzkosten sowie zusätzlicher Arbeitsaufwand angebracht werden.

Sowohl der Rahmen als auch die unteren Stahlwinkel werden mittels Schrauben/ Dübeln am Bestand befestigt. Die Art, Größe, Menge und Abstand dieser wird durch die Systemanbieter bzw. Statiker angegeben.

Sowohl der Metallrahmen als auch die Stahlwinkel werden für die Befestigung der Fassadenmodule benötigt.

Unterhalb der Fensterbank wird ein Dämmkeil aus Purenit angebracht, welcher sowohl eine mögliche Wärmebrücke als auch die Durchbiegung bei Belastung der Fensterbank verhindert. Purenit ist Witterungsfest und muss nicht abgedichtet werden. Dabei ist hier ein Insektenschutzgitter vorzusehen. Auch PVC- oder Alu-Fenster sind möglich.



B103 - Detail - Fenster 1:5

# DETAIL – ATTIKA

Das Detail B121 zeigt die mögliche Ausführung der Attika im betrachteten Gebäude. Leider konnten keine genauen Angaben zum bestehenden Aufbau dieser gefunden werden. Die Höhe und Stärke der bestehenden Attika, kann somit nur geschätzt werden.

Je nach Flachdachneigung, kann diese höher oder flacher ausgeführt werden. Bei einer Dachneigung von  $x \leq 5^\circ$  muss die Dachbahn mindestens 10 cm über der OK- Dachbelag geführt werden. Ist das Dach steiler als  $5^\circ$  kann die Attika niedriger ausgeführt werden, da in diesem Fall bereits 5cm Dachbahnhöhe annehmbar sind.

Das in dieser Arbeit betrachtete Objekt verfügt über eine Neigung unter  $5^\circ$  und muss somit mit einer höheren Aufkantung ausgestattet werden.

Für das Detail wurde davon ausgegangen, dass die Attika nicht aus STB ausgeführt wurde.

Eine verhältnismäßig hohe Attika bringt einige Vorteile, zum Einen können längere Gefälle ausgeführt werden, ohne dass es an der Attika zu Problemen mit der Höhe der Dachbahn kommt. Zum Anderen kann eine Dachbegrünung eingeplant werden. Je nach verfügbarer Höhe, wird dann entschieden welches System und welche Art der Begrünung (Extensiv- oder Intensivbegrünung) ausgeführt werden kann.

Wie bereits beschrieben, wird davon ausgegangen, dass das Dach bis zur STB-Schicht komplett ausgetauscht werden sollte. Die nötigen Stärken der neuen Bauteilschichten können auf den Seiten

S.41-44 nachvollzogen werden.

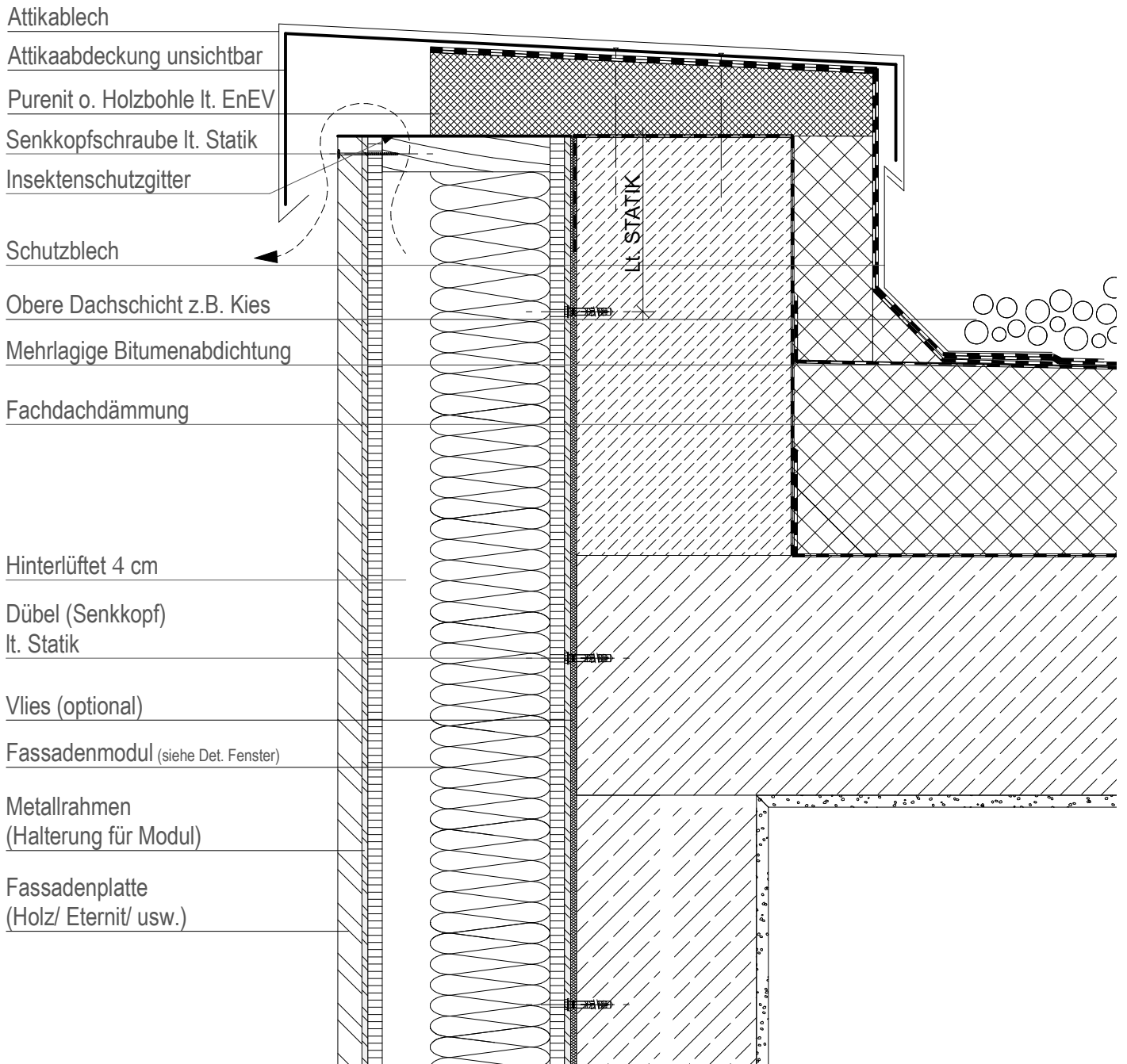
Wie in der Detailzeichnung erkennbar, weicht auch bei einer Sanierung mittels vorgesetzter Module der Aufbau der Attika kaum ab. Die Dachbahnen werden bis zur äußeren Kante über die roh-Attika geführt.

Das Attikablech kann an der Attikaabdeckung befestigt werden, welche durch Schrauben unsichtbar auf dem Montageuntergrund verankert wird.

Die Stärke der Attikabohle aus Purenit bzw. Holz muss von dem zuständigen Fachplaner (EnEV) errechnet werden. Dabei kann in der dargestellten Konstruktion, mit 6cm Purenit (ca.  $0,024 \text{ W/(mK)}$ ), ein U-Wert von  $0,351 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  erreicht werden.

Die Attikabohle wird über das Modul gezogen und endet vor bzw. an der äußeren Kante der Modulbefestigung. Die Fassadenplatte wird demnach davorgesetzt.

Die vorgesetzte Option verhindert das mögliche Eindringen von Feuchtigkeit (z. B. Kondensat) in das Modul. Ein solcher Aufbau ist bei einer horizontalen Belüftung des Moduls möglich. Wird jedoch eine vertikale Belüftung angestrebt, muss die Attikabohle Aussparungen aufweisen oder verkürzt werden. In diesem Fall ist auch der Einsatz eines Insektenschutzgitters empfehlenswert.



B104 - Detail - Attika 1:5



# DETAIL – SOCKEL

Das Detail B122 stellt eine mögliche Ausführung des Sockels dar. Obgleich es möglich ist, die Module bis unter die Geländeoberkante zu führen, wurde entschieden das Modul auf der OK-RFB des Erdgeschosses enden zu lassen. Der untere Teil wird lediglich mittels Perimeterdämmung wärmetechnisch isoliert und mittels Sockelputz mit hochgezogener mineralischer Putzabdichtung verschlossen.

Gegen austretende Feuchtigkeit wird eine Abdichtung direkt auf die STB-Bauteile geschweißt bzw. gestrichen. Diese endet oberhalb bei ca. 15 cm über der OK-RFB und unterhalb bei ca. 30 cm unter der UK-RFB.

Die Wasserabweisende, jedoch atmungsaktive Dichtschlämme wird ebenfalls als Feuchteschutz eingesetzt. Diese verhindert u. A. das Eindringen von Feuchtigkeit in erdgebundene Bauteile und wird bis zur UK der Perimeterdämmung und mind. 15cm über die OK-Gelände gezogen und überputzt.

Die Dichtschlämme wird sowohl im Neubau als auch bei Sanierungen eingesetzt und verhindert das Auftreten von sichtbaren Folgen von Feuchtigkeit bzw. Stehendem Wasser, wie Schimmelbefall oder nasse Wände. Auch diese Schicht ist optional.

Das eingesetzte Kompriband gewährleistet die Dichtigkeit der Fuge zwischen Putz und Modul.

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Betonklasse nicht festgelegt werden kann, da keine Angaben über den

Bestandsbau auffindbar waren.

Wie genau das Fundament des betrachteten Gebäudes ausgeführt ist, ist nicht bekannt, somit kann das Detail nur lückenhaft erstellt werden. Da es jedoch allgemein für Häuser dieser Bauweise stehen soll, wurde im Detail der Fall von Drückendem bzw. stehendem Wasser am Fundament und Sockel angenommen.

Somit kann die Perimeterdämmung in Bereichen, in denen kein drückendes Wasser zu erwarten ist mittels XPS oder Schaumglasplatten ersetzt werden.

Zusatz: Im Detail wurde durch die Kantschlösser geschnitten, welche für die Stabilisierung des Moduls eingesetzt werden. Diese sind punktuell eingesetzt. Zwischen ihnen entstehen somit Öffnungen, welche die Hinterlüftung gewährleisten.

Dübel (Senkkopf)  
lt. Statik

Vlies (optional)

Fassadenmodul (siehe Det. Fenster)

Metallrahmen  
(Halteung für Modul)

Fassadenplatte  
(Holz/ Eternit/ usw.)

Hinterlüftet 4 cm

Stahlwinkel punktuell/  
Insektenschutzgitter für Hinterlüftung

Senkkopfschraube lt. Statik

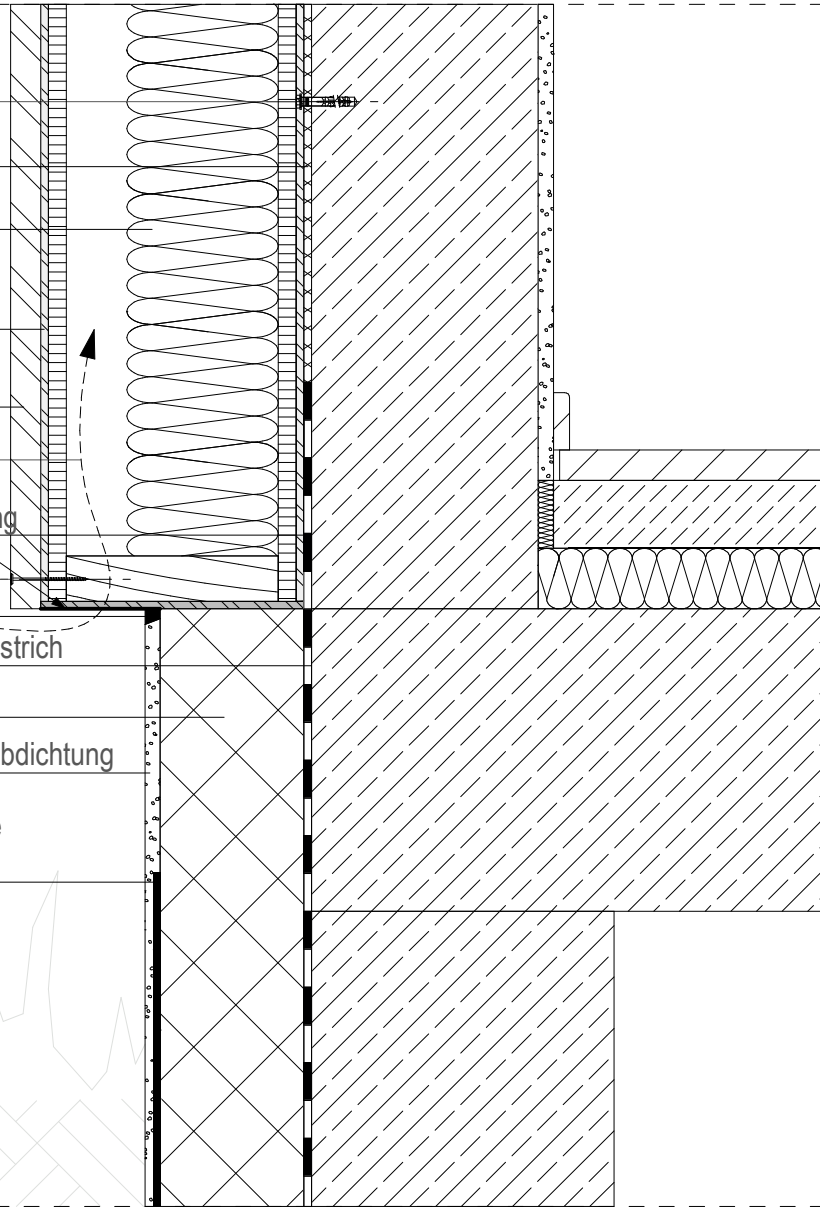
Kompriband

Abdichtung mit zweimaligem Voranstrich

Perimeterdämmung

Sockelputz mit mineralischer Putzabdichtung

Dichtschlämme mit Gewebeeinlage  
mind. 30cm über OK-Gelände



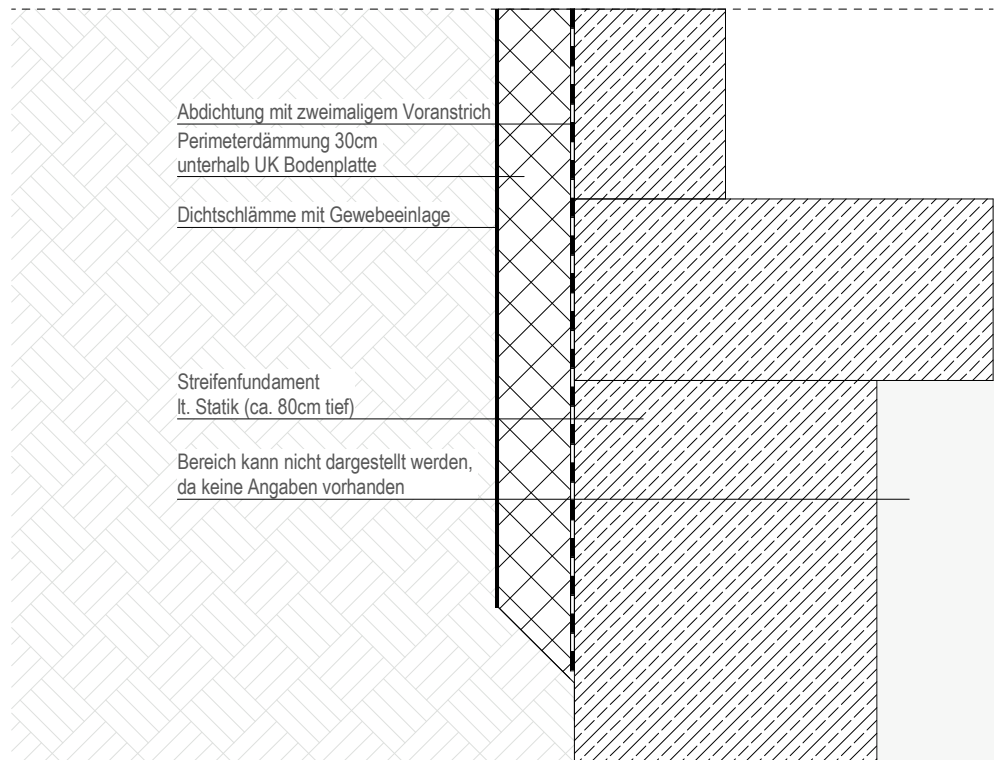
B105 - Detail - Sockel 1:5

Abdichtung mit zweimaligem Voranstrich  
Perimeterdämmung 30cm  
unterhalb UK Bodenplatte

Dichtschlämme mit Gewebeeinlage

Streifenfundament  
lt. Statik (ca. 80cm tief)

Bereich kann nicht dargestellt werden,  
da keine Angaben vorhanden



B106 - Detail - Fundament 1:10

# DETAIL – LOGGIA

Abschließend soll das Detail B126 betrachtet werden. Es wurden bereits unterschiedliche Ausführungen der Loggien auf den Seiten S.71, 73 und 75 aufgeführt. Das Detail zeigt eine Möglichkeit der Ausführung der Loggiensanierung der Fassadenvarianten B und C.

Hier wird davon ausgegangen, dass der Untere Teil, das Geländer der Loggien, als Feststehenden Modul ausgeführt wird. Dieses kann auch für die Variante A verwendet werden, endet jedoch kurz oberhalb der OK-FFB und wird bis 100 cm oberhalb der OK-FFB mittels festverglaster Elemente ergänzt. Das Bild B124 zeigt wie eine solche Ausführung aussehen könnte.

Das hier dargestellte Detail zeichnet jedoch ein anderes Bild. Ähnlich wie in Bild B125 ist der untere Teil der Loggia blickdicht und gedämmt. Der obere Teil verfügt über verglaste Schiebeelemente, welche individuell geöffnet werden können. Somit ist das Innere der Loggia wind- und regendicht.

Der Vorteil dieser Ausführung liegt in der besseren Dämmfähigkeit der

modularen Elemente gegenüber Glas.

Die hier dargestellte GK-Schale ist als ergänzende Maßnahme für den Wärme- und Schallschutz anzusehen. Zusätzlich kann diese leicht gestrichen werden und bietet den Bewohnern somit weitere Gestaltungsmöglichkeiten an.

Das Fensterbrett wird durch einen Stahlwinkel gestützt und kann somit auch höhere Lasten, wie Blumentöpfe, tragen.

Der Aufbau der Bodenplatte der Loggia wurde dem des Innenraumes angepasst und bietet einen verbesserten Trittschallschutz, da diese nicht von der Geschossdecke entkoppelt sondern lediglich weitergeführt wurde.

Auch ohne abschließenden Bodenbelag können die Loggien nun barrierefrei betreten werden, da hier ein Höhenversatz von lediglich 2 cm entsteht.

Wie auch bei den übrigen Modulen, kann hier die Fassadenplatte frei gewählt werden.



B107 - Loggia Verglasung



B108 - Loggia Verglasung Berlin

Verglasung (Schiebeelemente)  
Befestigung lt. Anbieter

Kompriband  
Winkel zur Aussteifung

Innen  
wind- und regendicht

GK - Schale mit Hinterlattung

Dämmelement

Befestigung lt. Systemanbieter  
Schale frei wählbar  
u. hinterlüftet

Befestigung lt. Systemanbieter

Verglasung (Schiebeelemente)  
Befestigung lt. Anbieter

Kompriband

Innen  
wind- und regendicht

B109 - Detail - Loggia 1:5



# CONCLUSIO II

Vergleicht man die Ergebnisse aus Teil I und II wird ersichtlich, dass bei einem Einsatz von Modulen nicht nur viel mehr Material verbraucht wird, sondern auch ein viel höherer Arbeitsaufwand vonnöten ist.

So liest man im Falle einer herkömmlichen Sanierung anhand der Tabelle auf Seite 52 eine Dämmstärke zwischen 14 und 16 cm ab, um einen U-Wert von 0,24 bis 0,23 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen. Dabei liegt der gesamte Aufbau bei ca. 16,5 bis 18,5 cm. Dem gegenüber steht der Modulaufbau von 24,4 bis 33,4 cm mit einer Dämmstoffstärke von 16 bis 18 cm.

Eine Sanierung mittels Modulen ist umfangreicher als der herkömmliche Sanierungsvorgang. Wie bereits beleuchtet, bedarf es an stärkeren Dämmschichten, um den gleichen U-Wert zu erreichen, da aufgrund der verbauten Rahmen bzw. Konstruktionsvollhölzer, wärmebrückenähnliche Stellen entlang der Fläche entstehen.

An diesen Stellen verschlechtert sich der U-Wert, da Holz/Metall ohne Dämmung auf die tragende Schicht trifft. Daher gilt, je schmaler die Kanthölzer gewählt werden, desto besser der U-Wert.

Auch der Arbeitsaufwand für die Herstellung und Befestigung der Module ist um einiges höher als bei einer herkömmlichen Sanierung. Es müssen weitere Fachplaner eingebunden werden, um z.B. die Statik des Gebäudes zu überprüfen. Modulare Systeme können sehr schwer ausfallen und es muss überprüft werden, ob die zu sanierenden Gebäude der zusätzlichen Belastung (Materialgewicht

und Windlasten) standhalten oder z.B. selbsttragende Systeme eingesetzt werden müssen.

Den Aspekt der Nachhaltigkeit können Module insoweit bedienen, als dass sie leichter recyclebar sind als fest angebrachte Dämmung, welche im letzten Schritt verputzt wird.

Inwieweit Module weiter verwendet werden würden, wird hier nicht angegeben, da solche Aussagen aufgrund von fehlenden Informationen reine Vermutungen darstellen. Ist jedoch eine Wiederverwendung der Module nicht möglich, so ist auch der Aspekt der Nachhaltigkeit nicht vollständig erfüllt. Module haben jedoch einen Vorteil gegenüber herkömmlicher Sanierung, sie können am Ende des Lebenszyklus leichter auseinandergebaut und vollständig recycelt werden.

Schließlich besteht die Frage, ob eine Sanierung von Bestandsgebäuden mittels Modulen empfehlenswert ist. Hierbei kann die Gegenüberstellung der beiden vorgestellten Sanierungsarten in Form einer Entscheidungsmatrix hilfreich sein:

Entscheidungsmatrix	Gängige Sanierung	Modulare Sanierung
Gewicht	1	0
Ökologie/ Materialverbrauch	1	1
Nachhaltigkeit/Recycling	0	1
Gestaltung	0	1
Aufwand	1	0
Know-How/ Fachplaner	1	0
Kosten	1	0
<b>Summe</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

T26 - Matrix

Dabei steht 1 für erfüllt/positiv und 0 für nicht erfüllt/negativ.

Laut Matrix fällt die Entscheidung auf die herkömmliche Sanierung wenn alle Entscheidungsaspekte gleichwertig sind.

Liegt jedoch das Hauptaugenmerk auf der Nachhaltigkeit, so wäre die Sanierung mittels Modulen vorteilhaft.

Abschließend soll angemerkt werden, dass die Gebäudesanierung mittels der hier vorgestellten Module nur vereinzelt vorstellbar wäre. Hier sollte man als Alternative zur herkömmlichen Sanierung oder zu Vorhangsystemen greifen, welche ähnlich der Module, ebenso vollständig recycelt werden könnten, jedoch erst vor Ort zusammengefügt werden müssten.

Modulare Fassaden bzw. Fassadensysteme stellen jedoch sicherlich in den Bereichen der Neubauten, Aufstockungen oder temporären Bauten eine gute Alternative dar.

Diese Arbeit hat ausführlich zwei verschiedene Sanierungsarten hinsichtlich Investitionsintensität (sowohl im finanziellen als auch im personellen Bereich), ökologischer Aspekte und Recycling sowie Praktikabilität in der Installation miteinander verglichen: die herkömmliche Sanierung und eine Sanierung mittels Module. Eine jede hat ihre Vor- und Nachteile – während bei der herkömmlichen Sanierung weniger Material und Kosten verbraucht werden, lassen sich Module ohne Probleme recyceln und gliedern sich somit in den Wertstoffzyklus wieder ein. Doch Nachhaltigkeit bei Baustoffen allein reicht nicht aus, um die Klimaneutralität zu wahren – auch die Lebensdauer der sanierten Gebäude spielt hier eine große Rolle. Sind nach nur wenigen Jahren Nachbesserungen notwendig, ist dem Klima kein Gefallen getan, da erneut Baustoffe zur Verfügung gestellt werden müssen.

Materialknappheit, die sich vor dem Hintergrund der jüngsten Ereignisse bereits

jetzt spüren lässt und zunehmend den privaten und öffentlichen Hausbau betrifft, wird die Entscheidungen eher in Richtung herkömmliche Sanierung beeinflussen.

Ist Nachhaltigkeit, wie sie zunehmend gefordert wird, überhaupt realisierbar, ohne finanziellen Rahmen zu sprengen? Was sind „klimaneutrale“ Baustoffe und ist eine Wiederverwendung – wie sie bei den Modulen theoretisch möglich wäre – ebendieser überhaupt sinnvoll? Alt-Bewährtes vs. Jung-Aufwendiges – Klimaschutz wird tragend mitbestimmen, in welche Richtung sich Sanierungsmaßnahmen in der Architektur bewegen. Jedoch sollte der Faktor „Mensch“ nicht gänzlich aus dem Rahmen gedacht werden und eine gesunde Balance geschaffen, die sowohl zukunftsorientiert ist als auch die Interessen der künftigen Bewohner berücksichtigt, damit „vegane“ Gebäude nicht bloß eine Modeerscheinung werden.

# FUSSNOTEN

1. Stadtarchiv Kassel
2. [https://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf) - Stand: 29.05.2020
3. <https://ecomedia.info/die-autogerechte-stadt/> - Stand: 25.5.2020
4. Informationen die mir als Eigentümerin vorliegen
5. Grundriss im Anhang
6. Leider liegen keine näheren Angaben diesbezüglich vor
7. Ca. Anfang Mai 2020
8. [https://www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte\\_Daemmung.pdf](https://www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte_Daemmung.pdf) - Stand: 04.06.2020 - S. 13
9. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/einfuehrung/die-geschichtliche-entwicklung-der-abdichtungen-fuer-flachdaecher-746947> - Stand: 26.05.2020
10.  $[U = 1/RT = 1/(R_{si}+R+R_{se}) ; R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (horizontal);  $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (aufwärts);  $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (abwärts) ;  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  !(im Erdreich:  $R_{se} = 0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ )! ;  $R = d_i/\lambda_i]$
11. [https://www.episcopo.eu/downloads/public/docs/brochure/DE\\_TABULA\\_TypologyBrochure\\_IWU.pdf](https://www.episcopo.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf) - Stand: 02.06.2020
12. EG mit einbezogen
13. [https://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf) - Stand: 04.07.2020 - S.67
14. Auch als Wärmebrücken bezeichnet
15. Aufnahmen mussten noch vor Ende der Heizperiode (ca. April-Mai 2020) gemacht werden, um die Heizwärmeverluste aufzeigen zu können
- \* Die Energieeinsparverordnung (EnEV) wurde zum 1. November 2020 durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) abgelöst
16. EnEV2014 - <https://enev-online.de/enev/>
17. Ausgenommen Geschossdecken
18. Lt. GRE-Broschüre
19. [https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Bericht-D%C3%A4mmstoffe\\_23032020.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Bericht-D%C3%A4mmstoffe_23032020.pdf) - Stand: 12.07.2020
20. [https://www.forum-holzbau.com/pdf\\_10/nl49\\_gutex.pdf](https://www.forum-holzbau.com/pdf_10/nl49_gutex.pdf) - Stand: 10.07.2020
21. Umwelt-Produktdeklarationen für XPS FoamInsulationJackodur plus
22. Sind jedoch große Schäden der vorhandenen Schichten bekannt, müssen diese ersetzt oder ausgebessert werden, da sonst der ermittelte U-Wert nicht garantiert werden kann.
23. Auf 340m<sup>2</sup> Dachfläche bezogen
24. [https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310086/s/steico-flex-038-natur-d-mmplatte-1220x575-mm-dicke-160-mm/?gclid=EAlaIqobChMlXpNFpL3P6gIVQxv7ChIGwArKEAQYASABEgJ0PPD\\_BwE](https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310086/s/steico-flex-038-natur-d-mmplatte-1220x575-mm-dicke-160-mm/?gclid=EAlaIqobChMlXpNFpL3P6gIVQxv7ChIGwArKEAQYASABEgJ0PPD_BwE) - Stand: 15.07.2020

25. <https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309893/s/rockwool-megarock-flachdachdammung-1200x1000-mm/?q=Rockwool+D%C3%A4mmplatte> – Stand: 15.07.2020  
[https://www.baunativ.de/product\\_info.php?products\\_id=760&language=de&gclid=EAlalQobChMIwMeaos7P6glVGwB7Ch2s5gxAEAkYAiABEgKSm\\_D\\_BwE](https://www.baunativ.de/product_info.php?products_id=760&language=de&gclid=EAlalQobChMIwMeaos7P6glVGwB7Ch2s5gxAEAkYAiABEgKSm_D_BwE) – Stand: 15.07.2020
26. Der sehr hohe Preis ergibt sich daraus, dass hier zwei Platten (60mm und 80mm) übereinandergelegt werden müssen, da die Maximalstärke der Platten bei 120mm liegt und hier eine Stärke von 140mm gebraucht wird.
27. <https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309890/s/rockwool-hardrock-038-flachdachdammung-2000x1200-mm/?q=Rockwool+D%C3%A4mmplatte> – Stand: 15.07.2020
28. <https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309894/s/rockwool-pentapentrock-035-flachdachdammung-1000-mm-breit/?q=Rockwool> – Stand: 19.07.2020
29. <https://www.handelskoenig.com/fassade/daemmstoffe/sockeldaemmung/jackodur-kf-300-sf-xps-perimeterdaemmung?number=> – Stand: 15.07.2020
30. Vor der Sanierung. Derzeit fehlt die Beton-Außenschale.
31. Für Steinwolle und XPS wird nur die Variante mit Putzsystem untersucht, da diese problemlos verputzt werden können.
32. Da die Wohnungen sich in Privatbesitz befinden, könnte dies aufgrund möglichen Widerstandes der Besitzer für die Sanierung hinderlich sein.
33. bei Holzfaser – hart, verputzt
34. Entsorgung alter Materialien entfällt und ergänzte Dämmschichten können schmaler dimensioniert werden
35. Auf 340m<sup>2</sup> Dachfläche bezogen
36. <https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310247/s/steico-protect-l-dry-dammplatte-1200x400-mm/?q=steico+d%C3%A4mmplatte> – Stand: 21.07.2020
37. [https://www.baudiscount-pader-born.de/epages/es129902.sf/de\\_DE/?ObjectID=13047320&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=coverrock](https://www.baudiscount-pader-born.de/epages/es129902.sf/de_DE/?ObjectID=13047320&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=coverrock) – Stand: 20.07.2020  
[https://www.baunativ.de/product\\_info.php?products\\_id=760&language=de&gclid=EAlalQobChMIwMeaos7P6glVGwB7Ch2s5gxAEAkYAiABEgKSm\\_D\\_BwE](https://www.baunativ.de/product_info.php?products_id=760&language=de&gclid=EAlalQobChMIwMeaos7P6glVGwB7Ch2s5gxAEAkYAiABEgKSm_D_BwE) – Stand: 15.07.2020
38. <https://www.handelskoenig.com/fassade/daemmstoffe/sockeldaemmung/jackodur-kf-300-sf-xps-perimeterdaemmung?number=> – Stand: 15.07.2020
39. [https://betonshop.de/media/wysiwyg/PDF/FDB-Merkblatt\\_Nr\\_7\\_Brandschutz\\_mit\\_Betonfertigteilen\\_2017-07.pdf](https://betonshop.de/media/wysiwyg/PDF/FDB-Merkblatt_Nr_7_Brandschutz_mit_Betonfertigteilen_2017-07.pdf) – Stand: 23.07.2020
40. <https://ch.buildup.group/product/0c4d4166-b781-4dd6-bf05-34f60a52efbd/view> – Stand: 23.07.2020
41. <https://ch.buildup.group/product/0c4d4166-b781-4dd6-bf05-34f60a52efbd/view> – Stand: 23.07.2020



# DARSTELLUNGSVERZEICHNIS

## BILDERVERZEICHNIS

B0 – Deckblatt: Brückenhofsiedlung HNA  
– <https://www.hna.de/kassel/oberzwehren-ort131291/brueckenhof-siedlung-oberzwehren-entstand-6373523.html>

B1 – Brückenhofsiedlung 80er Jahre : Stadtarchiv Kassel

B2 – Brückenhofsiedlung HNA – <https://www.hna.de/kassel/oberzwehren-ort131291/brueckenhof-siedlung-oberzwehren-entstand-6373523.html>

B3 – Nord-Ost Fassade – Eigene Aufnahme

B4 – Süd Fassade – Eigene Aufnahme

B5 – Südost (l) – Südwest (r) Fassade – Eigene Aufnahme

B6 – Hauseingang (l) – Aufzug (r) – Eigene Aufnahme

B7 – Treppenhaus (l) – Wohnungstür (r) – Eigene Aufnahme

B8 – Wärmefluss Skizze

B9 – Dachaufbau HH\_F

B10 – Google Maps Satellitenbild

B11 – Dachaufbau lt. IWU

B12 – Aufbau Geschossdecke lt. IWU

B13 – Aufbau Kellerdecke lt. IWU

B14 – Außenwand lt. IWU

B15 – Lage Außenwände

B16 – Annahme Aufbau AW-1

B17 – Aufbau AW-2 lt. IWU

B18 – Annahme Aufbau AW-3

B19 – Annahme Aufbau AW-4

B20 – Annahme Aufbau AW-5

B21 – Nord/West Fassade – Eigene Aufnahme

B22 – Horizontale- und vertikale Spalte – Eigene Aufnahme

B23 – Süd Fassade – Eigene Aufnahme

B24 – Ost (l) – Süd-Ost (r) – Eigene Aufnahme

B25 – Keller außen (l) – Keller innen (r) – Eingang Keller (u) – Eigene Aufnahme

B26 – Kellerdecke 1 – Eigene Aufnahme

B27 – Kellerdecke 2 – Eigene Aufnahme

B28 – Fenster 1 – Eigene Aufnahme

B29 – Fenster 2 Bad – Eigene Aufnahme

B30 – Loggia – AW-3 – Eigene Aufnahme

B31 – Loggia – Tür außen – Eigene Aufnahme

B32 – Loggia – Tür innen – Eigene Aufnahme

B33 – Stiege – Eigene Aufnahme

B34 – Küche – AW-4 – Eigene Aufnahme

B35 – Küche – Schacht – Eigene Aufnahme

B36 – Bad – Eigene Aufnahme

B37 – Wohnzimmerdecke – Eigene Aufnahme

B38 – Schlafzimmerdecke – Eigene Aufnahme

B39 – Dämmeigenschaften

B40 – Energiebedarf von Dämmstoffen

B41 – GWP (A1-D)

B42 – Umweltauswirkungen (A1-D)

B43 – ADPF – Dämmung

B44 – Bestand Temp. Verlauf

B45 – Ergänzung Temp. Verlauf

B46 – Ersatz Temo. Verlauf

B47 – Ergänzung Temp. Verlauf

B48 – Ersatz Temp. Verlauf

B49 – Ergänzung Temp. Verlauf

B50 – Ersatz Temp. Verlauf

B51 – Energiebedarf auf jeweilige ermittelte m<sup>3</sup> bezogen Variante 1

B52 – Energiebedarf auf jeweilige ermittelte m<sup>3</sup> bezogen Variante 2

B53 – GWP bezogen auf ermittelte m<sup>3</sup> – VI

B54 – Umweltauswirkungen (pro m<sup>3</sup>) – VI

B55 – AW1 – Vorgabe Studie

B56 – AW1 – Verbesserung Vorgabe Studie

B57 – AW1 – Ergänzung HF hart

B58 – AW1 – Ergänzung HF weich

B59 – AW1 – Ersatz HF hart

B60 – AW1 – Ersatz HF weich

B61 – AW1 – Ergänzung STW

B62 – AW1 – Ersatz STW

B63 – AW1 – Ergänzung XPS-R

B64 – AW1 – Ersatz XPS-R  
 B65 – AW1 – Energiebedarf (AI-D)  
 B66 – AW1- GWP  
 B67 – Umweltauswirkungen AW-1  
 B68 – Kellerdecke – Bestand  
 B69 – Kellerdecke – Ergänzt  
 B70 – SwissWindows – Modera alu  
 B71 – Loggia-Schwert gedämmt  
 B72 – Modul – Aufbau mit untersch. Außenhaut  
 B73 – Fassade – Moduleinbau  
 B74 – Modul – ESB\_HW ohne Hinterlüftung  
 B75 – Modul – ESB\_HW mit Hinterlüftung  
 B75 – Modul-ESB\_MW (Holz)  
 B77 – Modul-OSB\_HW (Holz)  
 B78 – Modul-OSB\_MW (Holz)  
 B79 – Modul-ESB\_HW (Eternit)  
 B80 – Modul-ESB\_MW (Eternit)  
 B81 – Modul-OSB\_HW (Eternit)  
 B82 – Modul-OSB\_MW (Eternit)  
 B83 – Modul-ESB\_HW (Putzträgerplatte)  
 B84 – Modul-ESB\_MW (Putzträgerplatte)  
 B85 – Modul-OSB\_HW (Putzträgerplatte)  
 B86 – Modul-OSB\_MW (Putzträgerplatte)  
 B87 – Modul-ESB\_HW (Holzlamellen)  
 B88 – Modul-ESB\_MW (Holzlamellen)  
 B89 – Fassade – Nord  
 B90 – Fassade – Nord Abbruch  
 B91 – Fassade – Süd  
 B92 – Fassade – Süd Abbruch  
 B93 – Fassade – Vorbereitung  
 B94 – Fassade – Anbringen der Module  
 B95 – Fassade – Konstruktion und Modulauswahl  
 B96 – Fassadenvariante A – Holz-Putzträgerplatte Süd  
 B97 – Fassadenvariante A – Holz-Putzträgerplatte Nord  
 B98 – Fassadenvariante B – Eternit Süd  
 B99 – Fassadenvariante B – Eternit Nord  
 B100 – Fassadenvariante C – Mix Süd  
 B101 – Fassadenvariante C – Mix Nord  
 B102 – Fenster – Sparkasse Kulmbach  
 B103 – Detail – Fenster 1:5 [wenn A4]  
 B104 – Detail – Attika 1:5 [wenn A4]  
 B105 – Detail – Sockel 1:5 [wenn A4]  
 B106 – Detail – Fundament 1:10 [wenn A4]  
 B107 – Loggia Verglasung - <https://scara-baeus-wintergarten.de/produkte/balkonverglasung/>

B108 – Loggia Verglasung Berlin - <https://www.plickert.de/referenzen/mit-loggia-verglasung-auben-raume-ganzjahrig-nutzen/>  
 B109 – Detail – Loggia 1:5 [wenn A4]

## TABELLENVERZEICHNIS

T1 – Dachaufbau Annahme  
 T2 – Geschossdeckenaufbau Annahme  
 T3 – Aufbau Kellerdecke Annahme  
 T4 – EnEV2014  
 T5 – Auswahl Dämmung  
 T6 – Dämmstoffmatrix 1/2  
 T7 – Dämmstoffmatrix 2/2  
 T8 – Auswertung Matrix  
 T9 – Holzfaser  
 T10 – Steinwolle  
 T11 – XPS  
 T12 – Kosten Dämmung  
 T13 – AW – STEICOprotect  
 T14 – AW – FLEX Holzfasserdämmstoff  
 T15 – AW – STEICO  
 T16 – AW – FELX  
 T17 – AW – Steinwolle (verputzbar)  
 T18 – AW – Steinwolle (verputzbar)2  
 T19 – AW – XPS - R (verputzbar)  
 T20 – AW – Dämmstoffstärken  
 T21 – Kosten Dämmung  
 T22 – AW1- Entscheidungsmatrix  
 T23 – Kellerdecke . Dämmstoffvergleich  
 T24 – Zusammenfassung  
 T25 – Evaluierungsmatrix AW1 Dämmung  
 T26 – Matrix

# QUELLEN

Online

<https://hna.atavist.com/brueckenhof>  
Stand: 14.04.2020

<https://www.hna.de/kassel/oberzwehren-ort131291/digital-reportage-eine-kindheit-brueckenhof-siedlung-6510162.html>  
Stand: 14.04.2020

[http://regiowiki.hna.de/Br%C3%BCckenhofsiedlung\\_in\\_Kassel](http://regiowiki.hna.de/Br%C3%BCckenhofsiedlung_in_Kassel)  
Stand: 18.05.2020

<https://www.kassel-live.de/2016/05/06/die-geschichte-der-brueckenhofsiedlung/>  
Stand: 10.04.2020

<http://regiowiki.hna.de/Oberzwehren>  
Stand: 18.05.2020

<https://www.hna.de/kassel/oberzwehren-ort131291/brueckenhof-siedlung-oberzwehren-entstand-6373523.html>  
Stand: 12.04.2020

<http://www.architekturarchiv-web.de/portraets/neue-heimat/kapitel-4/index.html>  
Stand: 18.05.2020

<http://www.architekturarchiv-web.de/portraets/neue-heimat/kapitel-5/index.html>  
Stand: 18.05.2020

<https://www.kassel.de/stadt/stadtteile/oberzwehren/geschichte/>  
Stand: 11.05.2020

<https://www.kvg.de/unternehmen/wir-ueber-uns/geschichte-der-kvg/>  
Stand: 10.04.2020

[https://www.stadt-kassel.de/imperia/md/content/cms04/langesfeld/reservefl\\_\\_chen\\_niederzwehren\\_und\\_oberzwehren.pdf](https://www.stadt-kassel.de/imperia/md/content/cms04/langesfeld/reservefl__chen_niederzwehren_und_oberzwehren.pdf)  
Stand: 08.04.2020

<https://ecomedia.info/die-autogerechte-stadt/>  
Stand: 25.5.2020

<http://laerm.hessen.de/mapapps/resources/apps/laerm/index.html?lang=de>  
Stand: 26.05.2020

[https://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf)  
Stand: 29.05.2020

[https://www.alt-bau-neu.de/\\_database/\\_data/datainfopool/TypologyBrochure\\_IWU\\_ohne%20Anh%C3%83%C2%A4nge.pdf](https://www.alt-bau-neu.de/_database/_data/datainfopool/TypologyBrochure_IWU_ohne%20Anh%C3%83%C2%A4nge.pdf)  
Stand: 29.05.2020

[https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE\\_TABULA\\_Typology-Brochure\\_IWU.pdf](https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_Typology-Brochure_IWU.pdf)  
Stand: 02.06.2020

[https://www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte\\_Daemmung.pdf](https://www.energiesparaktion.de/downloads/Kacheln/Energieeinsparung/Geschichte_Daemmung.pdf)  
Stand: 04.06.2020

[https://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf)  
Stand: 04.07.2020

<https://enev-online.de/enev/>  
Stand: 09.07.2020

<https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/waermedaemmung/rohdicke.html>  
Stand: 09.07.2020

<https://www.bausep.de/knauf-tectem-daemmplatte-625-x-416-80-mm.html>  
Stand: 09.07.2020

[https://www.forum-holzbau.com/pdf\\_10/nl49\\_gutex.pdf](https://www.forum-holzbau.com/pdf_10/nl49_gutex.pdf)  
Stand: 10.07.2020

[https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Bericht-D%C3%A4mmstoffe\\_23032020.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Bericht-D%C3%A4mmstoffe_23032020.pdf)  
Stand: 12.07.2020

<https://www.handelskoenig.com/fassade/daemmstoffe/sockeldaemmung/jackodur-kf-300-sf-xps-perimeterdaemmung?number=>  
Stand: 15.07.2020

[https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310086/s/steico-flex-038-natur-d-mmplatte-1220x575-mm-dicke-160-mm/?gclid=EAlaI-QobChMlxPnFpL3P6gIVQxv7ChlGwArkEAQYASABEGJ0PPD\\_BwE](https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310086/s/steico-flex-038-natur-d-mmplatte-1220x575-mm-dicke-160-mm/?gclid=EAlaI-QobChMlxPnFpL3P6gIVQxv7ChlGwArkEAQYASABEGJ0PPD_BwE)  
Stand: 15.07.2020



<https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309893/s/rockwool-mega-rock-flachdachdammung-1200x1000-mm/?q=Rockwool+D%C3%A4mmplatte>  
Stand: 15.07.2020

<https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309890/s/rockwool-hardrock-038-flachdachdammung-2000x1200-mm/?q=Rockwool+D%C3%A4mmplatte>  
Stand: 15.07.2020

[https://www.baunativ.de/product\\_info.php?products\\_id=760&language=de&gclid=EAlaIqobChMlwMeaos7P6gIVGwB7Ch2s5gxAEAkYAIBEGkSm\\_D\\_BwE](https://www.baunativ.de/product_info.php?products_id=760&language=de&gclid=EAlaIqobChMlwMeaos7P6gIVGwB7Ch2s5gxAEAkYAIBEGkSm_D_BwE)  
Stand: 15.07.2020

<https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/309894/s/rockwool-pentarock-035-flachdachdammung-1000-mm-breit/?q=Rockwool>  
Stand: 19.07.2020

[https://www.baudiscount-paderborn.de/epages/es129902.sf/de\\_DE/?ObjectID=13047320&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=coverrock](https://www.baudiscount-paderborn.de/epages/es129902.sf/de_DE/?ObjectID=13047320&ViewAction=FacetedSearchProducts&SearchString=coverrock)  
Stand: 20.07.2020

<https://www.heim-baustoffe.de/Keller/Waermedaemmung/Perimeterdaemmung-XPS/Jackodur-XPS/JACKODUR-KF-300-Gefiniert-GL/Jackodur-KF-300-GL-gefinit-100-mm-WLS-036.html>  
Stand: 20.07.2020

<https://www.baustoffshop.de/catalog/product/view/id/310247/s/steico-protect-l-dry-dammplatte-1200x400-mm/?q=steico+d%C3%A4mmplatte>  
Stand: 21.07.2020

<https://ch.buildup.group/product/0c4d4166-b781-4dd6-bf05-34f60a52efbd/view>  
Stand: 23.07.2020

[https://betonshop.de/media/wysiwyg/PDF/FDB-Merkblatt\\_Nr\\_7\\_Brandschutz\\_mit\\_Betonfertigteilen\\_2017-07.pdf](https://betonshop.de/media/wysiwyg/PDF/FDB-Merkblatt_Nr_7_Brandschutz_mit_Betonfertigteilen_2017-07.pdf)  
Stand: 23.07.2020

<http://laerm.hessen.de/mapapps/resources/apps/laerm/index.html?lang=de>  
Stand: 27.07.2020

Printmedien

GRE- Broschüre

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hauser, Gerd/Prof. Dr.-Ing. Holm, Andreas/Dipl.-Ing. Klatecki, Marc/Dipl.-Ing. Krüger, Nadine/Dr. Lüking, Rolf-Michael/Univ.-Prof. Dr.-Ing. Maas, Anton/ Dipl.-Ing. Radermacher, Annika: Energieeinsparung im Wohngebäudebestand. Bauliche und anlagentechnische Lösungen. EnEV und Energieausweis. 7. überarbeitete Auflage 2016. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e.V., 2016.

Albert, A. (Hrsg.): Schneider Bautabellen für Ingenieure. 23. Auflage. Bundesanzeiger, Köln 2018.

Zeitungsartikel aus dem Stadtarchiv

# ANHANG – TABELLEN

Alle Tabellen und Berechnungen finden sich in der beigefügten Excel Datei.

Tabelle 1 - Dach

DACH-Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. Rsi [m <sup>2</sup> K/W]:			0,1	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,15	2,3	0,065	A1
Schaumglas	0,06	0,052	1,154	A1
Bitumen	0,01	0,17	0,059	E
Wärmeübergangswid. Rse [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
Rtotal =			1,43	
U-Wert = 1/Rtotal=			0,70	
Rtotal =			1,42	
U-Wert = 1/Rtotal=			0,71	

Tabelle 2 - Geschossdecke

DECKE-Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. Rsi [m <sup>2</sup> K/W]:			0,1	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,16	2,3	0,070	A1
Trittschalldämmung	0,02	0,09	0,222	-
Estrich	0,045	1,4	0,032	
Laminat (mit Flies)	0,02	0,29	0,069	B1
Wärmeübergangswid. Rse [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
Rtotal =			0,54	
U-Wert = 1/Rtotal=			1,85	
Rtotal =			0,53	
U-Wert = 1/Rtotal=			1,88	

Tabelle 3 – Kellerdecke

KELLERDECKE-Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,1	
Stahlbeton (1%)	0,2	2,3	0,087	A1
Dämmung	0,04	0,09	0,444	-
Estrich	0,045	1,4	0,032	B1
Laminat (mit Flies)	0,02	0,29	0,069	
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,17	
R <sub>total</sub> =			0,90	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			1,11	

Tabelle 4 – Aussenwand AW-1

AW-1 -Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,13	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,15	2,3	0,065	A1
Dämmung	0,05	0,09	0,556	-
Beton-Außenschale	0,07	2	0,035	B2
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,83	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			1,20	

Tabelle 5 – Aussenwand AW-3

AW-3 -Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,13	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,14	2,3	0,061	A1
Dämmung	0,02	0,09	0,222	-
Hinterlüftung	0,04	-	0,021	-
Holzschindeln auf	0,012	0,13	0,092	D
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,57	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			1,74	



Tabelle 6 - Aussenwand AW-4

AW-4 -Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,13	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,07	2,3	0,030	A1
Dämmung	0,05	0,09	0,556	-
Beton-Außenschale	0,07	2	0,035	B2
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,80	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			1,25	

Tabelle 7 - Aussenwand AW-5

AW-5 -Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,13	
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Stahlbeton (1%)	0,13	2,3	0,057	A1
Dämmung	0,05	0,09	0,556	-
Kalkputz	0,007	0,87	0,008	A1
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub>			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,80	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			1,25	

Tabelle 9 - Loggiafussboden

Loggia-Boden-Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,1	
Stahlbeton (1%)	0,16	2,3	0,070	A1
Trittschalldämmung	0,02	0,09	0,222	-
Estrich	0,045	1,4	0,032	B1
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,46	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			2,16	

Tabelle 10 - Loggia Geländer

Geländer -Bestand				
Aufbau	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	R [1/h bzw. d/ $\lambda$ m <sup>2</sup> K/W]	Bauteilklasse
Wärmeübergangswid. R <sub>si</sub> [m <sup>2</sup> K/W]:			0,13	
Stahlbeton (1%)	0,1	2,3	0,043	A1
Wärmeübergangswid. R <sub>se</sub>			0,04	
R <sub>total</sub> =			0,21	
U-Wert = 1/R <sub>total</sub> =			4,68	

# ANHANG

Ökobilanz - Dämmstoffe

XP52	1.600E-02	6.430E-04	6.250E-04	-7,950E-03	9,318E-03
------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	GWP [kg CO2 Äqv.]	EP [kg CO2 Äqv.]	GWP [kg CO2 Äqv.]	EP [kg CO2 Äqv.]	GWP [kg CO2 Äqv.]	EP [kg CO2 Äqv.]	GWP [kg CO2 Äqv.]	EP [kg CO2 Äqv.]	GWP [kg CO2 Äqv.]	EP [kg CO2 Äqv.]
EPS1	4,690E+01	7,980E-01	5,210E+01	-2,750E+01	7,230E+01	7,732E+01	2,80E+01	7,732E+01	7,230E+01	7,732E+01
EPS2	4,970E+01	8,190E-01	5,560E+01	-2,870E+01	7,742E+01	8,190E+01	2,870E+01	7,742E+01	7,742E+01	8,190E+01
EPS3	5,950E+01	8,860E-01	6,590E+01	-3,590E+01	8,590E+01	9,593E+01	3,590E+01	8,590E+01	8,590E+01	9,593E+01
EPS4	5,950E+01	8,330E-01	6,200E+01	-3,960E+01	8,590E+01	9,593E+01	3,960E+01	8,590E+01	8,590E+01	9,593E+01
Holzfaser1	-5,600E+01	1,200E+00	9,170E+01	-6,420E+01	-2,730E+01	2,425E+01	-2,730E+01	2,425E+01	-2,730E+01	2,425E+01
Holzfaser2	2,530E+02	7,250E+00	0,000E+00	-2,360E+02	2,425E+01	2,425E+01	-2,360E+02	2,425E+01	2,425E+01	2,425E+01
Mineralwolle1	24,900	1,100	0,330	-1,690	2,464E+01	2,464E+01	-1,690	2,464E+01	2,464E+01	2,464E+01
Mineralwolle2	1,570E+01	1,060E+00	3,100E+01	-1,690E+00	1,538E+01	1,538E+01	-1,690E+00	1,538E+01	1,538E+01	1,538E+01
Perlitplatte1	2,670E+02	MIND	MIND	MIND	2,670E+02	2,670E+02	MIND	2,670E+02	2,670E+02	2,670E+02
Schaumglas1	1,260E+00	1,690E-02	1,350E-02	-9,710E-03	1,281E+00	1,281E+00	-9,710E-03	1,281E+00	1,281E+00	1,281E+00
Schaumglas2	8,730E+01	4,680E+00	0,000E+00	-2,480E+00	8,950E+01	8,950E+01	-2,480E+00	8,950E+01	8,950E+01	8,950E+01
Steinwolle1	1,966E+02	3,160E+00	2,460E+00	-5,420E+00	1,968E+02	1,968E+02	-5,420E+00	1,968E+02	1,968E+02	1,968E+02
Steinwolle2	1,218E+02	1,960E+00	1,520E+00	-3,360E+00	1,219E+02	1,219E+02	-3,360E+00	1,219E+02	1,219E+02	1,219E+02
Steinwolle3	4,948E+01	8,000E-01	6,200E+01	-1,360E+00	4,954E+01	4,954E+01	-1,360E+00	4,954E+01	4,954E+01	4,954E+01
XP51	1,300E+01	6,500E-01	1,300E+01	-6,070E+00	2,058E+01	2,058E+01	-6,070E+00	2,058E+01	2,058E+01	2,058E+01
XP52	9,140E+00	2,760E-01	2,260E-01	-4,700E+00	4,942E+00	4,942E+00	-4,700E+00	4,942E+00	4,942E+00	4,942E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	EP [kg PO4 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]	EP [kg PO4 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
EPS1	1,000E-02	3,760E-04	5,990E-04	-6,320E-04	6,320E-04	6,320E-04	-6,320E-04	6,320E-04	6,320E-04	6,320E-04
EPS2	1,050E-02	3,840E-04	5,170E-04	-6,700E-04	6,100E-04	6,100E-04	-6,700E-04	6,100E-04	6,100E-04	6,100E-04
EPS3	1,550E-02	4,470E-04	5,420E-04	-7,040E-04	1,040E-03	1,040E-03	-7,040E-04	1,040E-03	1,040E-03	1,040E-03
EPS4	1,250E-02	4,130E-04	5,140E-04	-6,160E-04	9,300E-04	9,300E-04	-6,160E-04	9,300E-04	9,300E-04	9,300E-04
Holzfaser1	3,010E-02	8,870E-04	8,870E-04	-2,920E-02	2,640E-03	2,640E-03	-2,920E-02	2,640E-03	2,640E-03	2,640E-03
Holzfaser2	7,210E+02	8,880E+03	0,000E+00	-2,920E+02	0,000E+00	0,000E+00	-2,920E+02	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Mineralwolle1	3,970E-02	6,830E-04	2,660E-04	-2,510E-04	2,660E-04	2,660E-04	-2,510E-04	2,660E-04	2,660E-04	2,660E-04
Mineralwolle2	3,970E-02	6,560E-04	2,550E-04	-2,510E-04	2,550E-04	2,550E-04	-2,510E-04	2,550E-04	2,550E-04	2,550E-04
Perlitplatte1	9,130E+02	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND
Schaumglas1	3,800E-04	1,770E-05	1,180E-05	-1,590E-06	1,180E-05	1,180E-05	-1,590E-06	1,180E-05	1,180E-05	1,180E-05
Schaumglas2	3,860E-02	2,260E-03	0,000E+00	-1,008E-03	0,000E+00	0,000E+00	-1,008E-03	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Steinwolle1	1,050E-01	6,370E-04	2,010E-04	-9,740E-04	2,010E-04	2,010E-04	-9,740E-04	2,010E-04	2,010E-04	2,010E-04
Steinwolle2	6,520E-02	3,950E-04	6,520E-02	-6,030E-04	6,520E-02	6,520E-02	-6,030E-04	6,520E-02	6,520E-02	6,520E-02
Steinwolle3	2,650E-02	1,600E-04	5,060E-04	-2,450E-04	2,650E-02	2,650E-02	-2,450E-04	2,650E-02	2,650E-02	2,650E-02
XP51	4,480E-03	4,460E-04	9,120E-04	-1,090E-03	9,120E-04	9,120E-04	-1,090E-03	9,120E-04	9,120E-04	9,120E-04
XP52	1,890E-03	1,590E-04	6,330E-04	-8,600E-04	6,330E-04	6,330E-04	-8,600E-04	6,330E-04	6,330E-04	6,330E-04

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	ODP [kg CFC11-Äq.]	POCP [kg Ethen-Äq.]	ODP [kg CFC11-Äq.]	POCP [kg Ethen-Äq.]	ODP [kg CFC11-Äq.]	POCP [kg Ethen-Äq.]	ODP [kg CFC11-Äq.]	POCP [kg Ethen-Äq.]	ODP [kg CFC11-Äq.]	POCP [kg Ethen-Äq.]
EPS1	2,370E-07	9,820E-13	1,360E-10	-1,430E-09	2,357E-07	2,357E-07	-1,430E-09	2,357E-07	2,357E-07	2,357E-07
EPS2	2,500E-07	1,710E-11	1,940E-10	-8,720E-09	2,415E-07	2,415E-07	-8,720E-09	2,415E-07	2,415E-07	2,415E-07
EPS3	4,090E-07	1,850E-11	2,240E-10	-1,370E-08	3,955E-07	3,955E-07	-1,370E-08	3,955E-07	3,955E-07	3,955E-07
EPS4	3,410E-07	1,740E-11	1,960E-10	-3,292E-07	3,292E-07	3,292E-07	-3,292E-07	3,292E-07	3,292E-07	3,292E-07
Holzfaser1	6,700E-08	2,290E-12	6,330E-11	-1,910E-09	6,516E-08	6,516E-08	-1,910E-09	6,516E-08	6,516E-08	6,516E-08
Holzfaser2	1,760E+06	1,620E+07	0,000E+00	-2,790E+05	1,768E+07	1,768E+07	-2,790E+05	1,768E+07	1,768E+07	1,768E+07
Mineralwolle1	7,900E-09	5,080E-12	3,600E-12	-6,660E-10	6,633E-09	6,633E-09	-6,660E-10	6,633E-09	6,633E-09	6,633E-09
Mineralwolle2	2,270E-08	4,860E-12	3,450E-12	-4,660E-10	2,224E-08	2,224E-08	-4,660E-10	2,224E-08	2,224E-08	2,224E-08
Perlitplatte1	1,560E+06	MIND	MIND	MIND	1,560E+06	1,560E+06	MIND	1,560E+06	1,560E+06	1,560E+06
Schaumglas1	2,520E-11	8,090E-14	1,840E-13	-1,130E-11	1,416E-11	1,416E-11	-1,130E-11	1,416E-11	1,416E-11	1,416E-11
Schaumglas2	9,820E-06	8,960E-07	0,000E+00	3,100E-08	1,075E-05	1,075E-05	3,100E-08	1,075E-05	1,075E-05	1,075E-05
Steinwolle1	2,520E-10	1,310E-13	5,570E-13	-4,140E-12	2,485E-10	2,485E-10	-4,140E-12	2,485E-10	2,485E-10	2,485E-10
Steinwolle2	1,560E-10	8,130E-14	3,450E-13	-2,560E-12	1,539E-10	1,539E-10	-2,560E-12	1,539E-10	1,539E-10	1,539E-10
Steinwolle3	6,340E-11	3,300E-14	1,400E-13	-1,040E-12	6,253E-11	6,253E-11	-1,040E-12	6,253E-11	6,253E-11	6,253E-11
XP51	6,340E-07	2,650E-12	4,510E-11	-2,070E-09	6,320E-07	6,320E-07	-2,070E-09	6,320E-07	6,320E-07	6,320E-07
XP52	5,690E-14	4,580E-17	7,910E-16	-6,490E-14	-7,163E-15	-7,163E-15	-6,490E-14	-7,163E-15	-7,163E-15	-7,163E-15

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]
EPS1	3,870E-01	3,760E-04	-6,320E-04	3,760E-04	3,870E-04	3,870E-04	-3,760E-04	3,870E-04	3,870E-04	3,870E-04
EPS2	3,840E-01	3,870E-04	-6,700E-04	3,870E-04	6,210E-04	6,210E-04	-6,700E-04	6,210E-04	6,210E-04	6,210E-04
EPS3	5,420E-01	4,470E-04	-6,930E-04	4,470E-04	5,440E-04	5,440E-04	-6,930E-04	5,440E-04	5,440E-04	5,440E-04
EPS4	4,470E-01	4,470E-04	-9,220E-04	9,870E-04	9,870E-04	9,870E-04	-9,220E-04	9,870E-04	9,870E-04	9,870E-04
Holzfaser1	1,310E-02	1,240E-03	1,240E-03	-1,790E-02	0,000E+00	0,000E+00	-1,790E-02	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Holzfaser2	1,630E+02	1,240E-03	1,240E-03	-1,790E-02	0,000E+00	0,000E+00	-1,790E-02	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Mineralwolle1	1,170E-02	1,880E-04	1,880E-04	2,790E-04	1,880E-04	1,880E-04	2,790E-04	1,880E-04	1,880E-04	1,880E-04
Mineralwolle2	9,660E-03	8,360E-04	8,360E-04	-2,790E-04	8,725E-03	8,725E-03	-2,790E-04	8,725E-03	8,725E-03	8,725E-03
Perlitplatte1	4,980E-02	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND
Schaumglas1	2,220E-04	-2,500E-05	8,090E-06	-1,550E-06	2,035E-04	2,035E-04	-1,550E-06	2,035E-04	2,035E-04	2,035E-04
Schaumglas2	9,900E-03	6,510E-04	0,000E+00	-3,914E-04	0,000E+00	0,000E+00	-3,914E-04	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Steinwolle1	4,660E-02	2,210E-05	1,130E-03	-4,860E-04	1,130E-03	1,130E-03	-4,860E-04	1,130E-03	1,130E-03	1,130E-03
Steinwolle2	2,890E-02	-1,370E-05	7,010E-04	-3,070E-04	2,890E-02	2,890E-02	-3,070E-04	2,890E-02	2,890E-02	2,890E-02
Steinwolle3	1,170E-02	-5,550E-06	2,850E-04	-1,250E-04	1,170E-02	1,170E-02	-1,250E-04	1,170E-02	1,170E-02	1,170E-02
XP51	1,010E-02	-5,200E-04	1,930E-04	-1,320E-03	1,010E-02	1,010E-02	-1,320E-03	1,010E-02	1,010E-02	1,010E-02
XP52	1,410E-02	-2,130E-04	7,040E-05	-6,290E-04	1,410E-02	1,410E-02	-6,290E-04	1,410E-02	1,410E-02	1,410E-02

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	AP [kg SO2 Äqv.]	ADPE [kg Sb-Äq.]	AP [kg SO2 Äqv.]	ADPE [kg Sb-Äq.]	AP [kg SO2 Äqv.]	ADPE [kg Sb-Äq.]	AP [kg SO2 Äqv.]	ADPE [kg Sb-Äq.]	AP [kg SO2 Äqv.]	ADPE [kg Sb-Äq.]
EPS1	1,040E-01	2,130E-03	3,190E-03	-3,310E-02	7,622E-02	7,622E-02	-3,310E-02	7,622E-02	7,622E-02	7,622E-02
EPS2	1,130E-01	2,290E-03	3,120E-03	-3,980E-02	7,857E-02	7,857E-02	-3,980E-02	7,857E-02	7,857E-02	7,857E-02
EPS3	1,710E-01	2,370E-03	5,260E-03	-6,270E-02	1,159E-01	1,159E-01	-6,270E-02	1,159E-01	1,159E-01	1,159E-01
EPS4	1,860E-01	2,290E-03	4,610E-03	-5,990E-02	8,796E-02	8,796E-02	-5,990E-02	8,796E-02	8,796E-02	8,796E-02
Holzfaser1	1,500E-01	3,220E-03	1,160E-02	-3,580E-01	-1,982E-01	-1,982E-01	3,580E-01	-1,982E-01	-1,982E-01	-1,982E-01
Holzfaser2	4,120E+01	4,170E+02	0,000E+00	-1,440E-01	4,438E+02	4,438E+02	-1,440E-01	4,438E+02	4,438E+02	4,438E+02
Mineralwolle1	2,120E-01	2,920E-03	1,960E-03	-2,400E-03	2,145E-01	2,145E-01	-2,400E-03			

XP51	2.330E+05	2.530E+08	2.250E+07	-6.100E+07	2.294E+05
XP52	2.300E+06	2.140E+08	4.380E+08	-8.490E+07	1.516E+06

Steinwolle3	2.976E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.976E+01
XP51	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
XP52	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PERE [MJ]	ADPF [MJ]	PERE [MJ]	ADPF [MJ]	PERE [MJ]	ADPF [MJ]	PERE [MJ]	ADPF [MJ]	PERE [MJ]	ADPF [MJ]
EPS1	1.310E+03	1.090E+01	5.700E+00	3.580E+02	5.700E+00	3.580E+02	9.686E+02	9.686E+02	2.490E+01	2.180E+01
EPS2	1.380E+03	1.120E+01	5.620E+00	-3.780E+02	5.620E+00	-3.780E+02	1.039E+03	1.039E+03	2.750E+01	2.130E+01
EPS3	2.170E+03	1.210E+01	9.410E+00	-5.940E+02	9.410E+00	-5.940E+02	1.598E+03	1.598E+03	7.900E+02	7.900E+02
EPS4	1.750E+03	1.140E+01	8.240E+00	-5.210E+02	8.240E+00	-5.210E+02	1.269E+03	1.269E+03	1.230E+01	1.230E+01
Holzfaser1	5.230E+02	1.590E+01	1.750E+01	-6.610E+02	1.750E+01	-6.610E+02	-1.046E+02	-1.046E+02	1.230E+00	1.230E+00
Holzfaser2	1.100E+03	1.090E+02	0.000E+00	-3.690E+03	0.000E+00	-3.690E+03	2.481E+03	2.481E+03	1.290E+03	1.290E+03
Mineralwolle1	4.380E+02	1.520E+01	4.250E+00	-2.390E+01	4.250E+00	-2.390E+01	4.336E+02	4.336E+02	8.300E+01	8.300E+01
Mineralwolle2	3.270E+02	1.460E+01	4.070E+00	-2.390E+01	4.070E+00	-2.390E+01	3.218E+02	3.218E+02	5.000E+01	5.000E+01
Perlitplatte1	3.995E+03	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	3.995E+03	3.995E+03	3.210E+00	3.210E+00
Schaumglas1	1.930E+01	2.330E+01	1.780E+01	-1.580E+01	1.780E+01	-1.580E+01	1.955E+01	1.955E+01	4.370E+02	4.370E+02
Schaumglas2	1.350E+03	7.140E+01	0.000E+00	-3.950E+01	0.000E+00	-3.950E+01	1.382E+03	1.382E+03	9.190E+03	9.190E+03
Steinwolle1	1.725E+03	4.292E+01	3.180E+01	-6.977E+01	3.180E+01	-6.977E+01	1.730E+03	1.730E+03	4.090E+00	4.090E+00
Steinwolle2	1.068E+03	2.658E+01	1.969E+01	-4.321E+01	1.969E+01	-4.321E+01	1.071E+03	1.071E+03	2.250E+00	2.250E+00
Steinwolle3	4.340E+02	1.698E+01	8.000E+00	-1.75E+01	8.000E+00	-1.75E+01	4.353E+02	4.353E+02	1.030E+00	1.030E+00
XP51	3.390E+02	8.870E+00	5.400E+00	-8.520E+01	5.400E+00	-8.520E+01	2.681E+02	2.681E+02	4.000E+01	4.000E+01
XP52	2.660E+02	3.760E+00	3.450E+00	-6.630E+01	3.450E+00	-6.630E+01	2.069E+02	2.069E+02	2.190E+01	2.190E+01

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]	PERT [MJ]
EPS1	2.490E+01	8.310E+01	6.560E+01	-5.370E+01	6.560E+01	-5.370E+01	2.731E+01	2.731E+01	5.200E+00	5.200E+00
EPS2	2.780E+01	6.640E+01	5.970E+01	-4.200E+01	5.970E+01	-4.200E+01	1.894E+01	1.894E+01	9.480E+01	9.480E+01
EPS3	2.750E+01	7.180E+01	1.080E+00	-6.600E+01	1.080E+00	-6.600E+01	3.670E+01	3.670E+01	9.480E+01	9.480E+01
EPS4	1.930E+02	5.780E+01	9.480E+01	-5.780E+01	9.480E+01	-5.780E+01	3.488E+01	3.488E+01	2.380E+00	2.380E+00
Holzfaser1	9.690E+02	1.230E+00	0.000E+00	-7.490E+01	0.000E+00	-7.490E+01	8.977E+02	8.977E+02	1.290E+03	1.290E+03
Holzfaser2	3.990E+03	1.290E+00	0.000E+00	-7.150E+01	0.000E+00	-7.150E+01	9.525E+03	9.525E+03	5.000E+01	5.000E+01
Mineralwolle1	9.710E+01	8.600E+01	5.000E+01	-3.210E+00	5.000E+01	-3.210E+00	9.525E+01	9.525E+01	4.800E+01	4.800E+01
Mineralwolle2	9.300E+02	4.800E+01	8.300E+01	-3.210E+00	8.300E+01	-3.210E+00	9.110E+01	9.110E+01	MIND	MIND
Perlitplatte1	4.370E+02	MIND	MIND	MIND	MIND	MIND	4.370E+02	4.370E+02	1.540E+02	1.540E+02
Schaumglas1	8.660E+00	9.190E+03	0.000E+00	-9.490E+03	8.660E+00	-9.490E+03	8.675E+00	8.675E+00	0.000E+00	0.000E+00
Schaumglas2	1.300E+02	4.080E+01	0.000E+00	-6.125E+00	1.300E+02	-6.125E+00	1.243E+02	1.243E+02	0.000E+00	0.000E+00
Steinwolle1	2.836E+02	2.250E+00	4.090E+00	-1.709E+01	2.836E+02	-1.709E+01	2.79E+02	2.79E+02	2.550E+00	2.550E+00
Steinwolle2	1.757E+02	1.390E+00	2.550E+00	-1.058E+01	1.757E+02	-1.058E+01	1.69E+02	1.69E+02	5.700E+01	5.700E+01
Steinwolle3	7.136E+01	5.700E+01	1.030E+00	-4.300E+00	5.700E+01	-4.300E+00	6.866E+01	6.866E+01	4.000E+01	4.000E+01
XP51	1.220E+01	5.000E+01	4.000E+01	-1.690E+01	4.000E+01	-1.690E+01	2.700E+00	2.700E+00	2.190E+01	2.190E+01
XP52	1.320E+01	2.190E+01	2.460E+01	-1.690E+01	2.460E+01	-1.690E+01	-3.235E+00	-3.235E+00	3.570E+00	3.570E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]
EPS1	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01	2.490E+01
EPS2	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01	2.180E+01
EPS3	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01	2.750E+01
EPS4	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01	2.130E+01
Holzfaser1	1.760E+02	1.230E+00	7.900E+02	-7.490E+01	7.900E+02	-7.490E+01	8.923E+02	8.923E+02	4.073E+02	4.073E+02
Holzfaser2	4.770E+02	1.790E+00	0.000E+00	-7.150E+01	4.770E+02	-7.150E+01	4.073E+02	4.073E+02	5.980E+01	5.980E+01
Mineralwolle1	5.980E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.980E+01	0.000E+00	5.980E+01	5.980E+01	4.370E+02	4.370E+02
Mineralwolle2	5.570E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.570E+01	0.000E+00	5.570E+01	5.570E+01	MIND	MIND
Perlitplatte1	4.370E+02	MIND	MIND	MIND	4.370E+02	MIND	MIND	MIND	8.675E+00	8.675E+00
Schaumglas1	8.660E+00	9.190E+03	1.540E+02	-9.490E+03	8.660E+00	-9.490E+03	8.675E+00	8.675E+00	6.125E+00	6.125E+00
Schaumglas2	1.300E+02	4.080E+01	0.000E+00	-6.125E+00	1.300E+02	-6.125E+00	1.243E+02	1.243E+02	4.090E+00	4.090E+00
Steinwolle1	1.603E+02	2.250E+00	4.090E+00	-1.709E+01	1.603E+02	-1.709E+01	1.496E+02	1.496E+02	2.530E+00	2.530E+00
Steinwolle2	9.930E+01	1.390E+00	2.530E+00	-1.058E+01	9.930E+01	-1.058E+01	9.264E+01	9.264E+01	0.000E+00	0.000E+00
Steinwolle3	4.034E+01	5.700E+01	1.030E+00	-4.300E+00	4.034E+01	-4.300E+00	3.764E+01	3.764E+01	0.000E+00	0.000E+00
XP51	1.220E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.220E+01	0.000E+00	1.220E+01	1.220E+01	2.190E+01	2.190E+01
XP52	1.320E+01	2.190E+01	2.460E+01	-1.690E+01	2.460E+01	-1.690E+01	-3.235E+00	-3.235E+00	3.570E+00	3.570E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]	PERE [MJ]
EPS1	7.200E+02	7.190E+01	3.010E+02	-1.100E+02	7.200E+02	-1.100E+02	2.377E+02	2.377E+02	7.200E+02	7.200E+02
EPS2	7.630E+02	1.870E+03	0.000E+00	-3.980E+03	7.630E+02	-3.980E+03	1.995E+03	1.995E+03	1.200E+03	1.200E+03
EPS3	1.200E+03	1.150E+02	0.000E+00	0.000E+00	1.200E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.110E+02	9.110E+02
EPS4	9.110E+02	1.870E+03	0.000E+00	0.000E+00	9.110E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.010E+02	3.010E+02
Holzfaser1	4.600E+01	7.190E+01	7.190E+01	-1.100E+02	4.600E+01	-1.100E+02	2.377E+02	2.377E+02	0.000E+00	0.000E+00
Holzfaser2	1.870E+03	1.150E+02	0.000E+00	-3.980E+03	1.870E+03	-3.980E+03	1.995E+03	1.995E+03	0.000E+00	0.000E+00
Mineralwolle1	5.040E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.040E+02	0.000E+00	5.040E+02	5.040E+02	MIND	MIND
Mineralwolle2	4.530E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.530E+02	0.000E+00	4.530E+02	4.530E+02	1.860E+01	1.860E+01
Perlitplatte1	4.303E+03	MIND	MIND	MIND	4.303E+03	MIND	MIND	MIND	3.301E+01	3.301E+01
Schaumglas1	1.980E+01	2.340E+01	1.860E+01	-2.190E+01	1.980E+01	-2.190E+01	2.000E+01	2.000E+01	0.000E+00	0.000E+00
Schaumglas2	1.430E+03	7.190E+01	0.000E+00	-4.440E+01	1.430E+03	-4.440E+01	1.458E+03	1.458E+03	2.044E+01	2.044E+01
Steinwolle1	1.499E+03	4.315E+01	3.301E+01	-7.897E+01	1.499E+03	-7.897E+01	1.446E+03	1.446E+03	8.300E+00	8.300E+00
Steinwolle2	8.973E+02	2.672E+01	2.044E+01	-4.885E+01	8.973E+02	-4.885E+01	8.956E+02	8.956E+02	0.000E+00	0.000E+00
Steinwolle3	3.645E+02	1.086E+01	8.300E+00	-1.985E+01	3.645E+02	-1.985E+01	3.638E+02	3.638E+02	0.000E+00	0.000E+00
XP51	2.030E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.030E+02	0.000E+00	2.030E+02	2.030E+02	3.570E+00	3.570E+00
XP52	1.430E+02	3.770E+00	3.570E+00	-8.330E+01	3.570E+00	-8.330E+01	6.604E+01	6.604E+01	0.000E+00	0.000E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]	PERM [MJ]
EPS1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+							



Steinwolle2	1.436E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.436E+02
Steinwolle3	5.832E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.832E+01
XP51	1.540E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.540E+02
XP52	1.340E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.340E+02

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]	PNRSF [MJ]
EPS1	1.350E+03	1.090E+01	6.640E+00	4.990E+02	9.585E+02					
EPS2	1.420E+03	1.120E+01	6.480E+00	9.997E+02	9.997E+02					
EPS3	2.230E+03	1.210E+01	1.000E+00	6.900E+02	1.563E+03					
EPS4	1.810E+03	1.140E+01	9.600E+00	1.227E+03	1.227E+03					
Holzfaser1	1.340E+02	7.190E-01	2.140E+02	-1.100E+02	2.387E+02					
Holzfaser2	2.160E+02	1.150E+02	0.000E+00	-3.580E+03	-1.705E+03					
Mineralwolle1	5.040E+02	1.520E+01	4.400E+00	-2.830E+01	4.953E+02					
Mineralwolle2	4.530E+02	1.460E+01	4.220E+00	-2.830E+01	4.435E+02					
Perlitplatte1	4.303E+03	MND	MND	MND	4.303E+03					
Schaumglas1	1.980E+01	2.340E-01	1.860E+01	-2.190E+01	2.000E+01					
Schaumglas2	1.460E+03	7.190E+01	0.000E+00	-4.400E+01	1.488E+03					
Steinwolle1	1.886E+03	4.315E+01	3.301E+01	7.887E+01	1.883E+03					
Steinwolle2	1.137E+03	2.672E+01	2.044E+01	-4.885E+01	1.135E+03					
Steinwolle3	4.620E+02	1.086E+01	8.300E+00	-1.985E+01	4.613E+02					
XP51	3.570E+02	8.900E+00	5.810E+00	-1.040E+02	2.677E+02					
XP52	2.760E+02	3.770E+00	3.570E+00	-8.330E+01	2.000E+02					

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]	SM [kg]
EPS1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Holzfaser1	2.780E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.780E+01					
Holzfaser2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Mineralwolle1	1.600E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.600E+01					
Mineralwolle2	1.520E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.520E+01					
Perlitplatte1	0.000E+00	MND	MND	MND	0.000E+00					
Schaumglas1	4.700E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.700E-01					
Schaumglas2	1.530E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.530E+02					
Steinwolle1	3.711E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.711E+01					
Steinwolle2	2.299E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.299E+01					
Steinwolle3	9.340E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.340E+00					
XP51	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
XP52	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]	RSF [MJ]
EPS1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Holzfaser1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Holzfaser2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.510E+03	3.510E+03					
Mineralwolle1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Mineralwolle2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Perlitplatte1	0.000E+00	MND	MND	MND	0.000E+00					
Schaumglas1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Schaumglas2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					

Steinwolle1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Steinwolle2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Steinwolle3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
XP51	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
XP52	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]	NRSF [MJ]
EPS1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
EPS4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Holzfaser1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Holzfaser2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Mineralwolle1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Mineralwolle2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Perlitplatte1	0.000E+00	MND	MND	MND	0.000E+00					
Schaumglas1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Schaumglas2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Steinwolle1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Steinwolle2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Steinwolle3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
XP51	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
XP52	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					

Bezeichnung	A1-A3		A4		C4		D		Gesamt GWP	
	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]	FW [m²]
EPS1	2.160E-01	4.790E-04	1.000E-01	-5.670E-02	2.598E-01					
EPS2	2.160E-01	6.400E-04	1.050E-01	-6.530E-02	2.563E-01					
EPS3	3.320E-01	6.920E-04	1.660E-01	-1.030E-01	3.957E-01					
EPS4	2.840E-01	6.510E-04	1.450E-01	-8.990E-02	3.398E-01					
Holzfaser1	1.340E-01	7.190E-04	2.140E-01	-1.100E-01	2.387E-01					
Holzfaser2	-	-	-	-	0.000E+00					
Mineralwolle1	1.810E-01	2.160E-03	8.970E-04	-5.000E-03	1.791E-01					
Mineralwolle2	1.410E-01	2.070E-03	8.600E-04	-5.000E-03	1.398E-01					
Perlitplatte1	6.470E+01	MND	MND	MND	6.470E+01					
Schaumglas1	1.460E-02	6.490E-06	-7.110E-04	-2.400E-05	1.387E-02					
Schaumglas2	4.120E-01	2.050E-03	0.000E+00	-6.164E-02	3.524E-01					
Steinwolle1	4.590E-02	4.150E-03	6.300E-03	-1.090E-02	4.886E-01					
Steinwolle2	2.840E-01	2.570E-03	3.900E-03	-6.750E-03	2.837E-01					
Steinwolle3	1.150E-01	1.000E-03	1.590E-03	-2.740E-03	1.149E-01					
XP51	5.440E-02	8.720E-04	2.460E-02	-2.100E-02	5.887E-02					
XP52	4.920E-02	3.700E-04	6.050E-05	-1.990E-02	2.973E-02					



## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

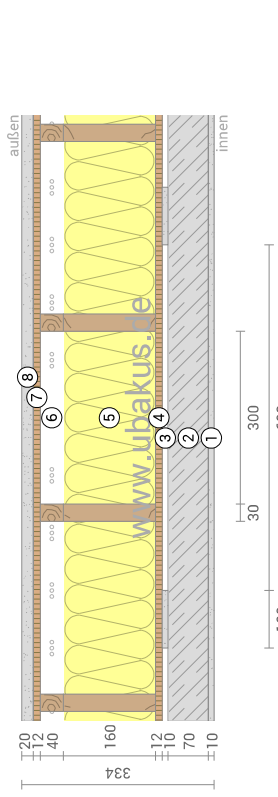
### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 70

Phasenverschiebung: 10,0 h

Wärmekapazität innen: 173 kJ/m²K

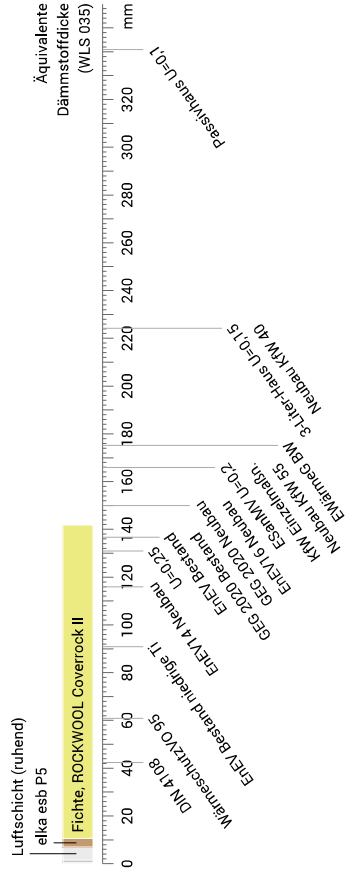
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

Dicke: 33,4 cm  
Gewicht: 252 kg/m²  
Wärmekapazität: 197 kJ/m²K

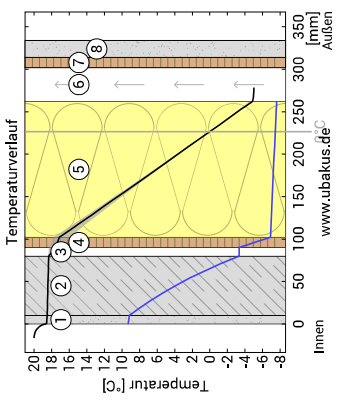
sd-Wert: 7,6 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



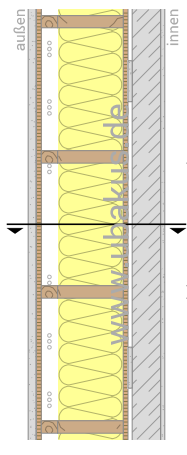
Wandmodul Diplom, U=0,24 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
<b>160,000 Aluminium (1,4%)</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,6
5	12 cm elka esb P5	0,100	0,100	15,9	18,3	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,1
7	12 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	15,9	7,1
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
8	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
	2 cm Eternit Eterplan			-5,0	-5,0	33,0
<b>33,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,298</b>			<b>251,6</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,5°C / 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,5°C

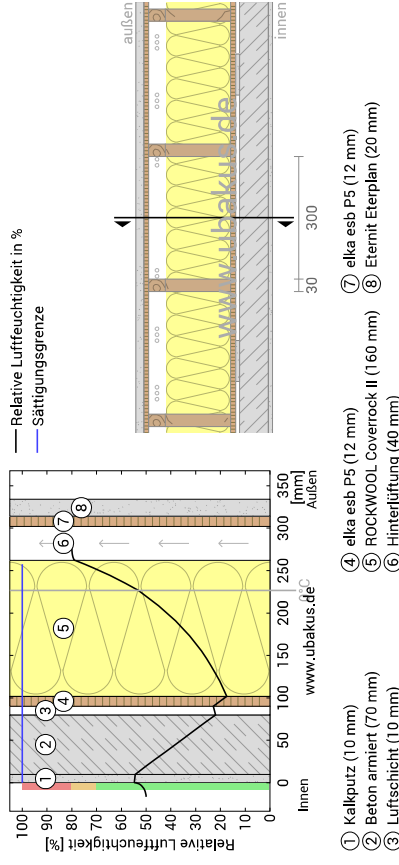
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	-	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	-	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	-	7,1
33,4 cm Gesamtes Bauteil					251,6

## Luftfeuchtigkeit

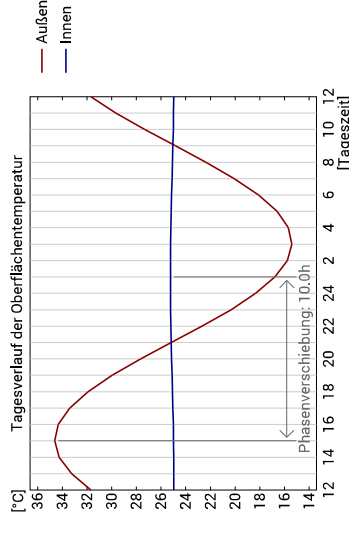
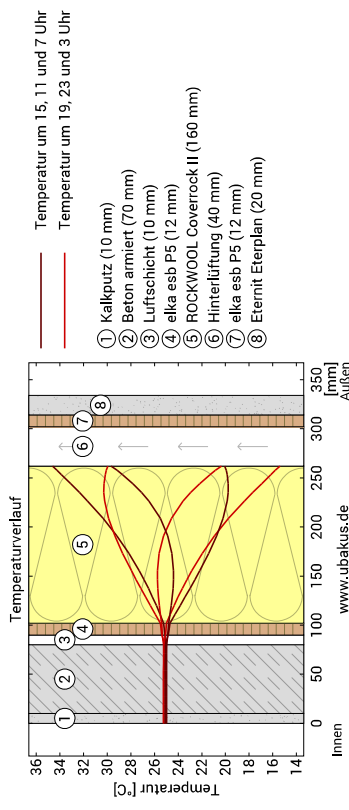
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,0 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	197 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	699	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	173 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser



**Hitzeschutz**

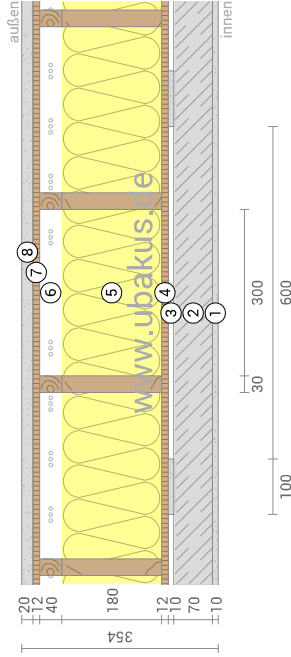
Temperaturamplitudendämpfung: 74

Phasenverschiebung: 10,7 h

Wärmekapazität innen: 174 kJ/m²K



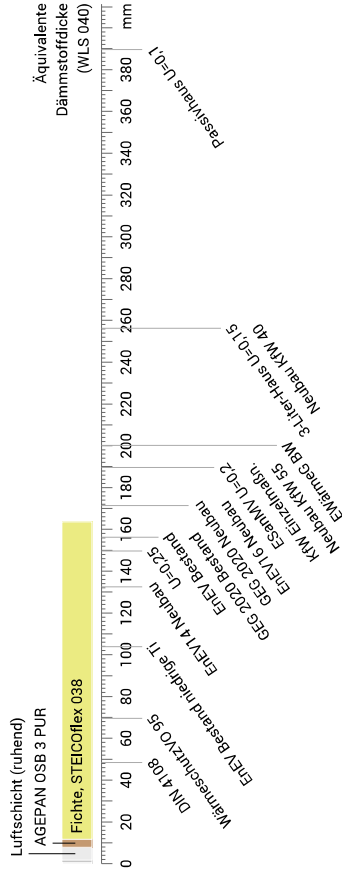
Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



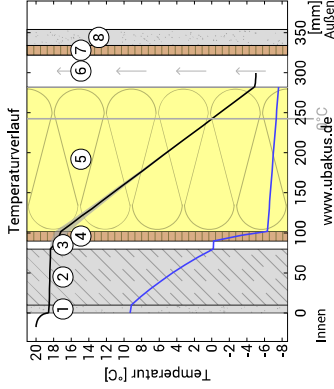
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

sd-Wert: 9,4 m

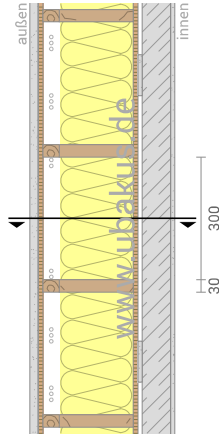
Dicke: 35,4 cm  
Gewicht: 245 kg/m²  
Wärmekapazität: 200 kJ/m²K

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)



**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
<b>1,4%</b>						
4	1 cm Aluminium	0,130	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,2	18,3	7,2
6	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8	17,8	81
7	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6	16,2	8,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR			-5,0	-5,0	7,2
8	2 cm Eternit Eterplan			-5,0	-5,0	33,0
<b>35,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,336</b>			<b>245,0</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,6°C / 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,6°C



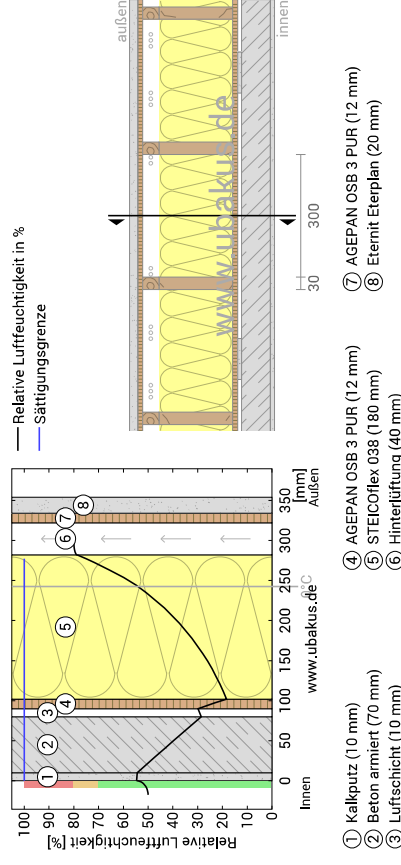
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	-	7,2
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	-	8,0
35,4 cm Gesamtes Bauteil					245,0

## Luftfeuchtigkeit

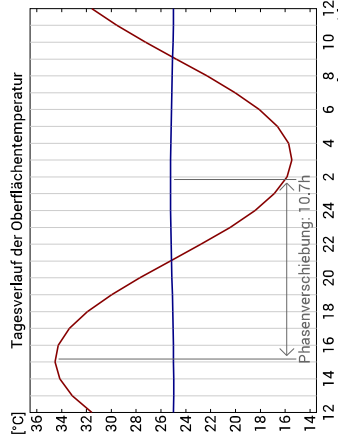
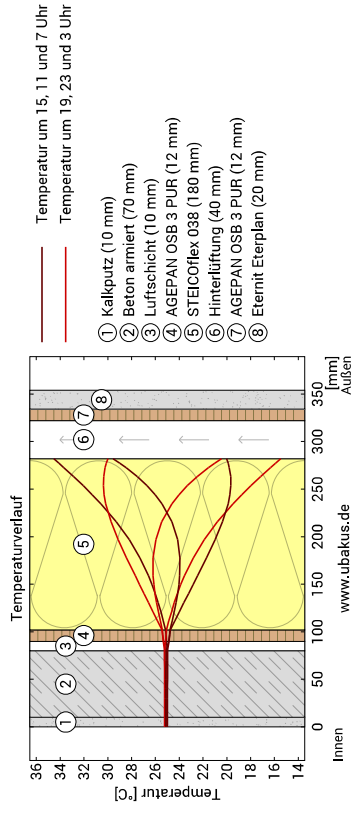
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	200 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	73,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	174 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

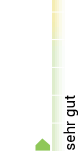
U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

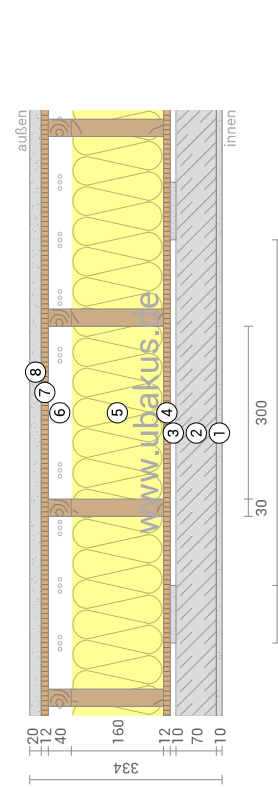


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 68

Phasenverschiebung: 9,8 h

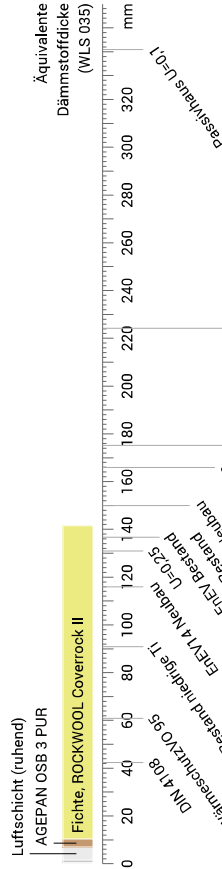
Wärmekapazität innen: 171 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

Dicke: 33,4 cm  
Gewicht: 251 kg/m²  
Wärmekapazität: 194 kJ/m²K

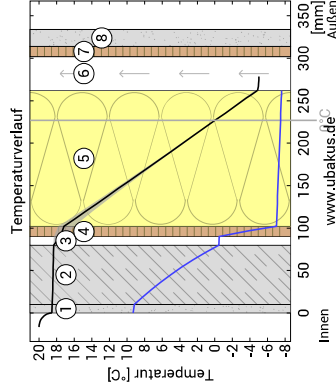
sd-Wert: 9,2 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



Wandmodul Diplom, U=0,24 W/(m²K)

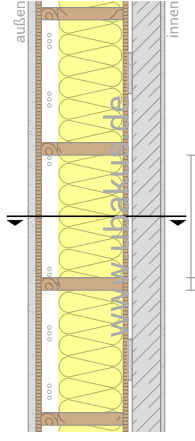
## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,130	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,0	18,3	7,2
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	16,0	7,1
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR		0,130	-5,0	-5,0	7,2
8	2 cm Eternit Eterplan		0,130	-5,0	-5,0	33,0
<b>33,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,289</b>			<b>251,1</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,5°C / 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,5°C

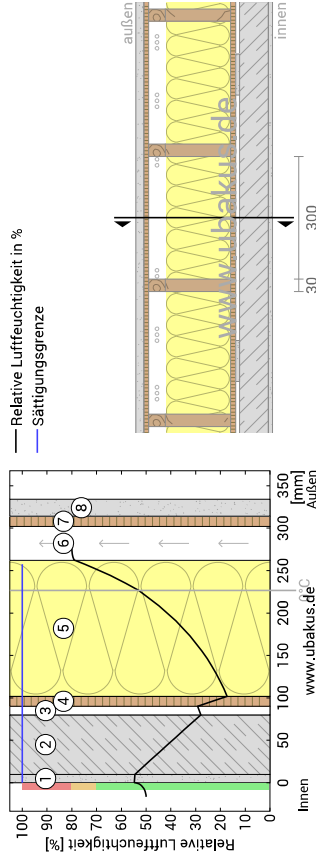
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	7,2	7,2
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	15,1	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	7,1	7,1
33,4 cm Gesamtes Bauteil					251,1

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

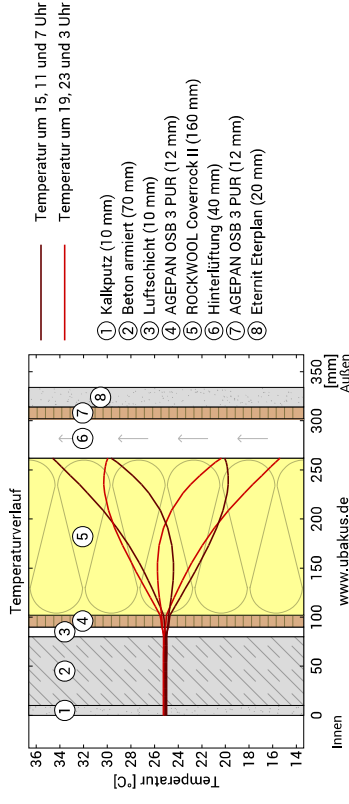


- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

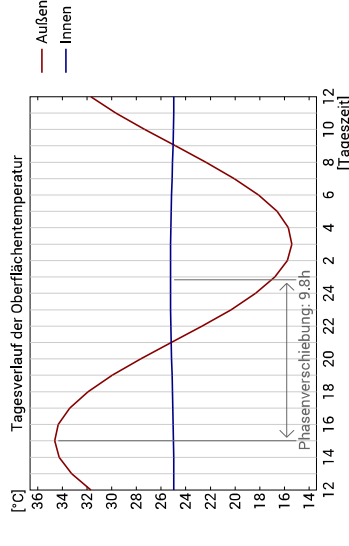
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	194 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	68,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	171 kJ/m²K
TAV***	0,015		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauellimenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

**Wärmeschutz**  
U = 0,23 W/(m²K)

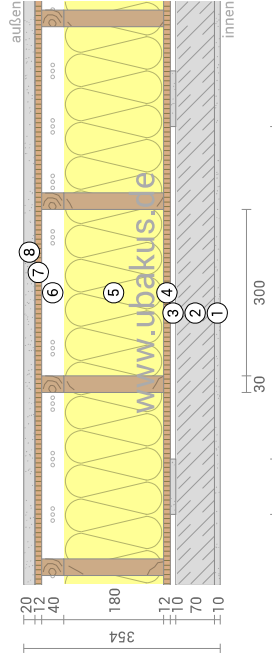
**Feuchteschutz**  
Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 75  
Phasenverschiebung: 10,7 h  
Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K

Alle Angaben ohne Gewähr

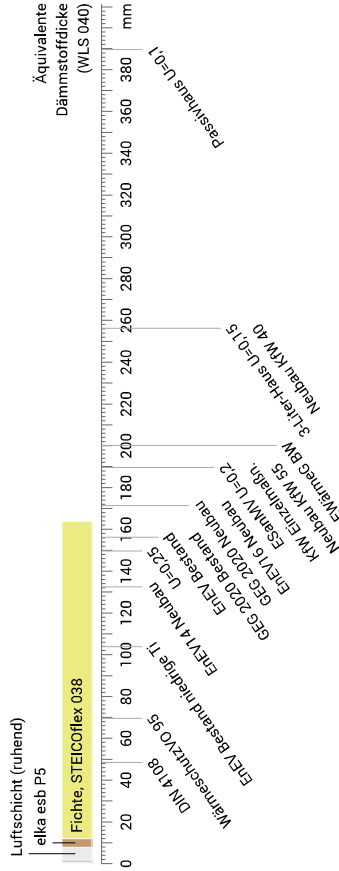
Außenwand  
erstellt am 8.9.2021



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

Dicke: 35,4 cm  
Gewicht: 245 kg/m²  
Wärmekapazität: 203 kJ/m²K

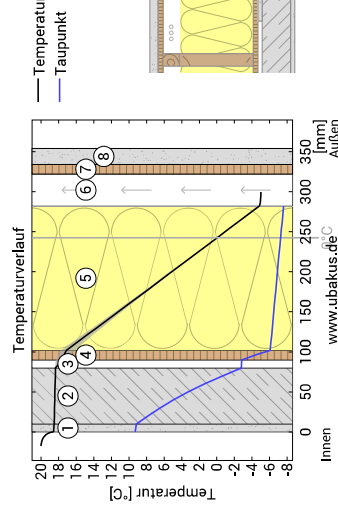
sd-Wert: 7,8 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

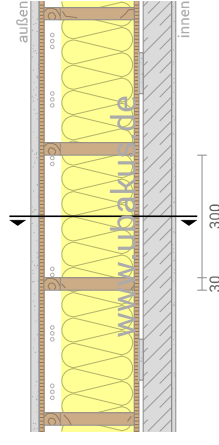


Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Eternit Eterplan (20 mm)



**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,040	0,100	16,1	18,3	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8	17,8	8,1
7	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6	16,2	8,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0	-4,6	0,0
7	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
8	2 cm Eternit Eterplan			-5,0	-5,0	33,0
<b>35,4 cm Gesamtes Bauteil</b>						
						<b>4,344</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,6°C / 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,6°C



## Feuchteschutz

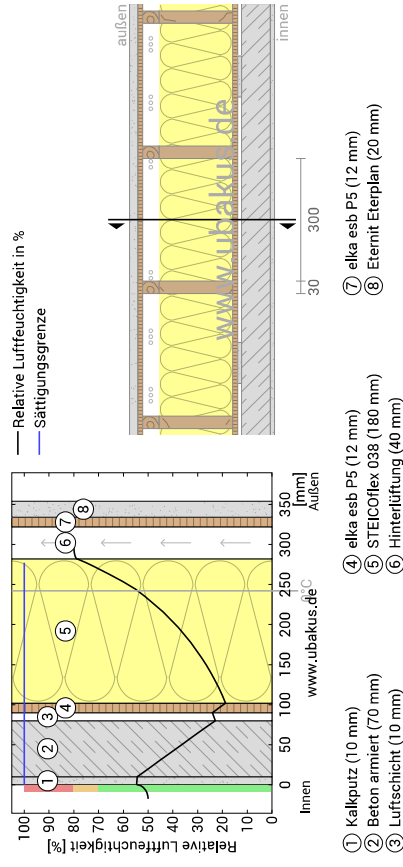
Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	-	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	-	8,0
35,4 cm Gesamtes Bauteil					245,5

## Luftfeuchtigkeit

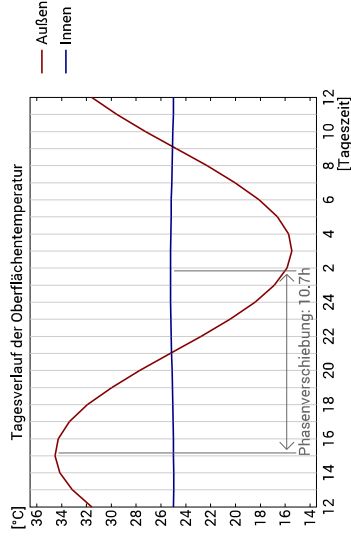
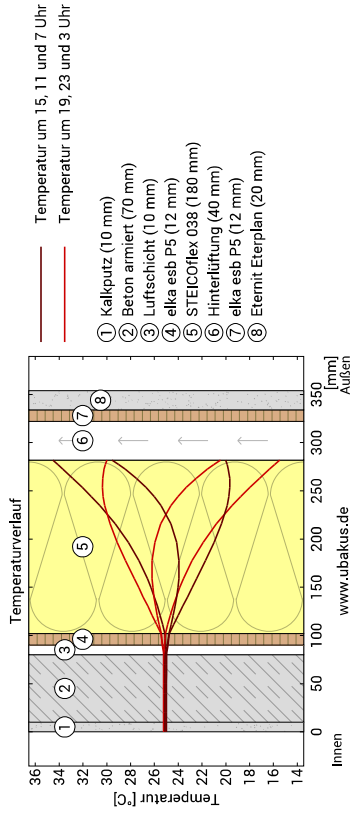
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	203 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	75,2	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	176 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,14 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 51 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

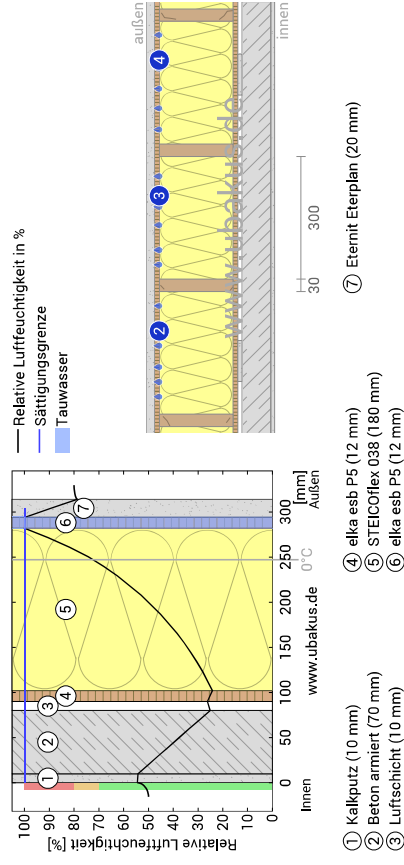
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	7,5
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,14	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	8,0
	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,14	7,5
7	2 cm Eternit Eterplan	4,80	-	33,0
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	13,66	0,14	243,7

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,022 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 2 Tauwasser: 0,03 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 3 Tauwasser: 0,034 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 4 Tauwasser: 0,03 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 5 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

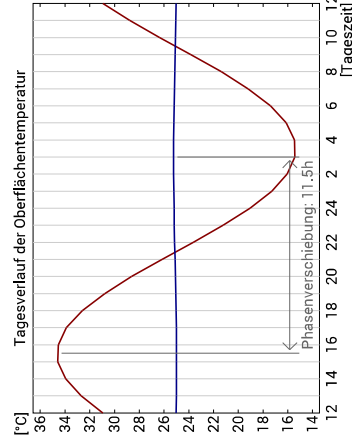
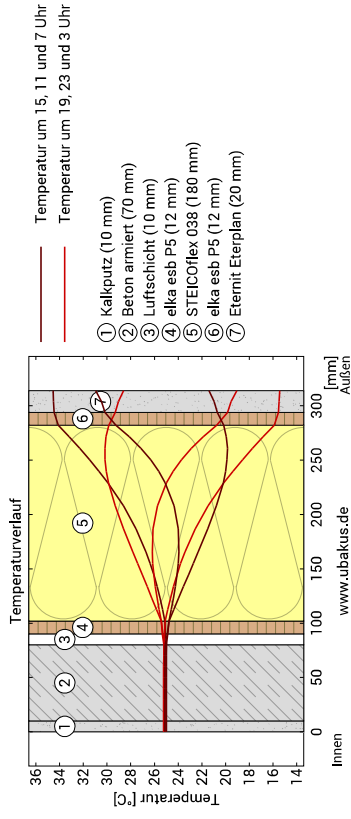
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	250 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	800	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	178 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung  
Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.  
Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

**Feuchteschutz**

Trocknet 52 Tage

Feuchtegehalt Holz: +1,9%

Tauwasser: 141 g/m²

sehr gut mangelhaft

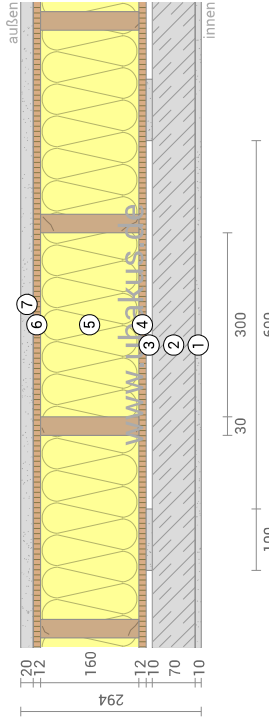
**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 74

Phasenverschiebung: 10,5 h

Wärmekapazität innen: 175 kJ/m²K

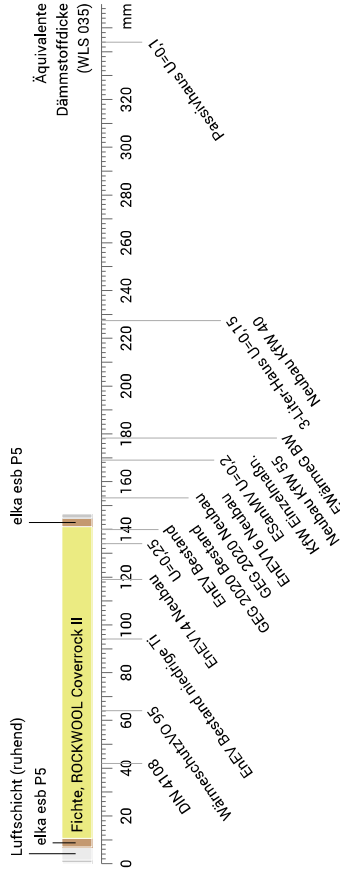
sehr gut mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② elka esb P5 (12 mm)
- ③ Beton armiert (70 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmeübergangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



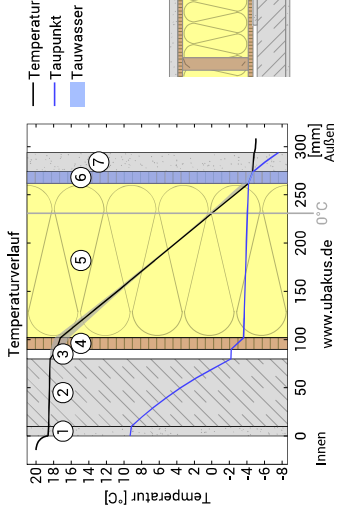
Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

Dicke: 29,4 cm  
 Gewicht: 250 kg/m²  
 Wärmekapazität: 245 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

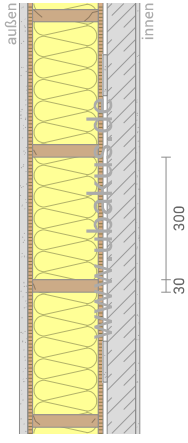
**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,4	18,4	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	16,2	18,4	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,2	17,9	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-3,5	16,2	7,1
8	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,7	-3,4	7,5
9	2 cm Eternit Eterplan	0,580	0,034	-4,8	-4,4	33,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
29,4 cm	Gesamtes Bauteil		4,341	-5,0	-4,7	249,8

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C



## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,14 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 52 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

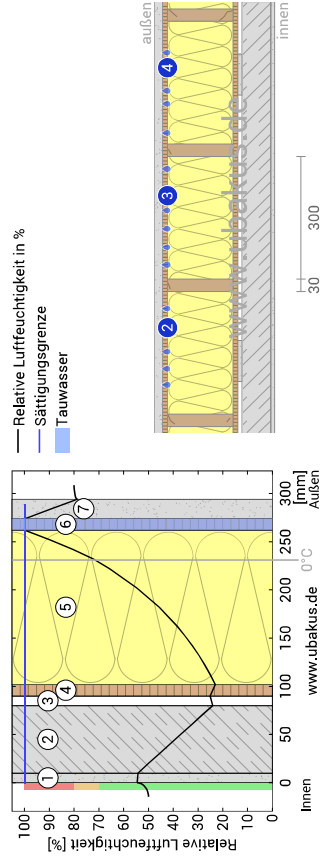
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1500 Aluminium (1,4%)	-	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	7,5
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,14	15,1
6	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	7,1
	1,2 cm elka esb P5	-	0,14	7,5
7	2 cm Eternit Eterplan	4,80	-	33,0
	29,4 cm Gesamtes Bauteil	13,40	0,14	249,8

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,023 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,031 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,036 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,031 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,021 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

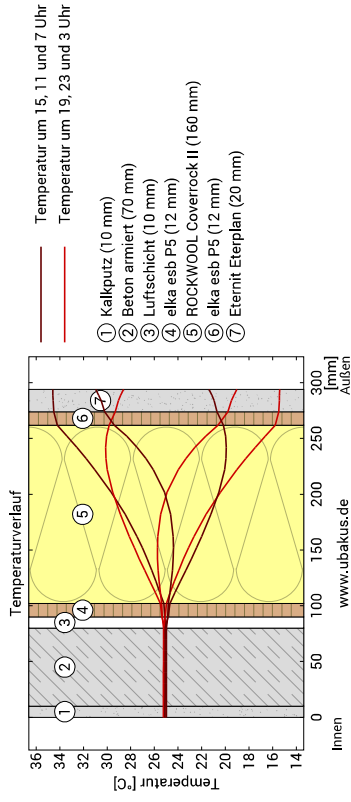


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)

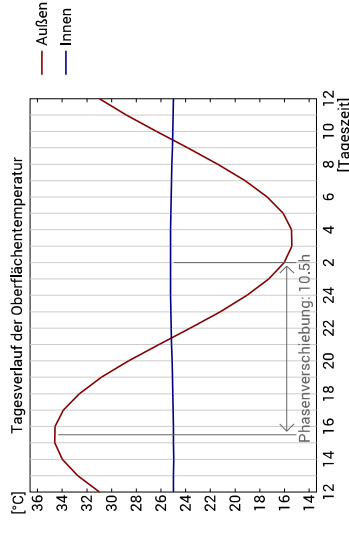
Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	245 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	73,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	175 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15:35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämmung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**

**U = 0,23 W/(m²K)**

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

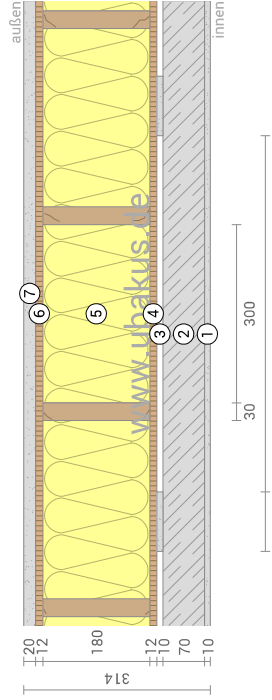


**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 78

Phasenverschiebung: 11,2 h

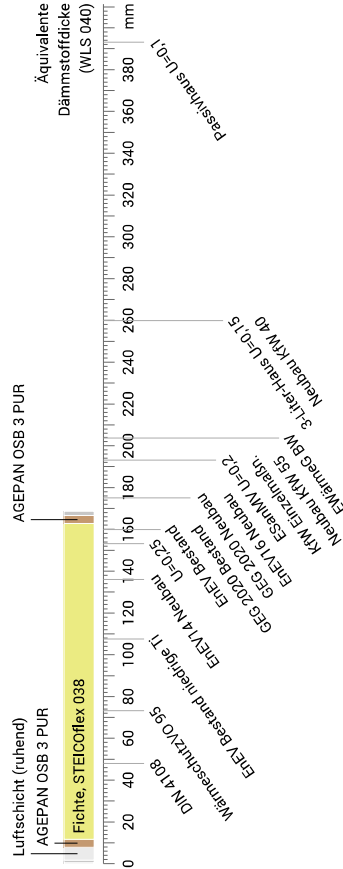
Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

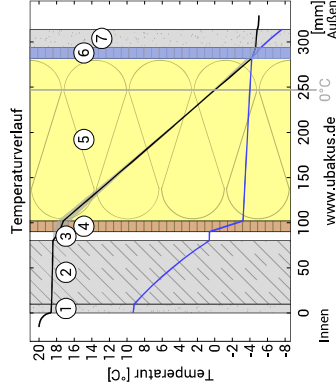
sd-Wert: 16,7 m

Dicke: 31,4 cm  
 Gewicht: 243 kg/m²  
 Wärmekapazität: 245 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

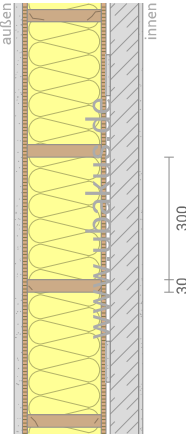
**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,2	18,4	0,0
160,000						
1 cm Aluminium (1,4%)						
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,4	18,4	4,6
5	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,2	17,9	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-3,6	16,4	8,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	-4,6	-3,6	7,2
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
2 cm Eternit Eterplan						
0,580						
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
4,370						
<b>31,4 cm Gesamtes Bauteil</b>						
<b>243,2</b>						

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,11 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 52 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

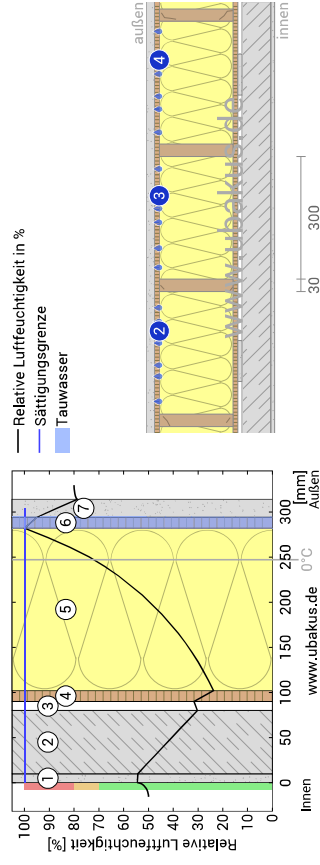
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,11	8,1
	18 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	8,0
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	0,11	7,2
7	2 cm Eternit Eterplan	4,80	-	33,0
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	16,70	0,11	243,2

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,019 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 2 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 3 Tauwasser: 0,029 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 4 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 5 Tauwasser: 0,017 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

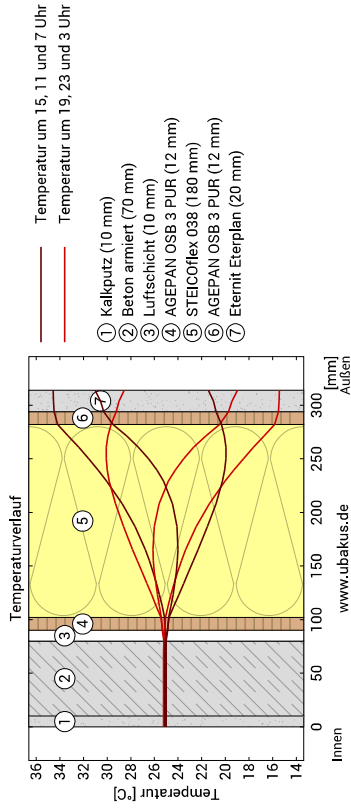


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 STEICOflex 038 (180 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)

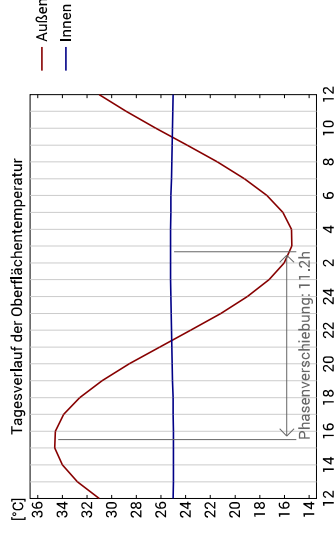
Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 STEICOflex 038 (180 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	245 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	77,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	176 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperatur beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



**Feuchteschutz**

Trocknet 53 Tage

Feuchtegehalt Holz: +1,6%

Tauwasser: 117 g/m²

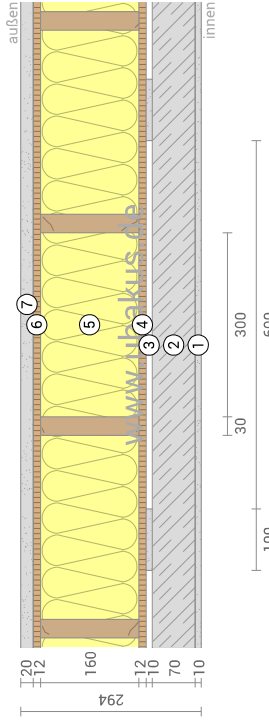


**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 71

Phasenverschiebung: 10,3 h

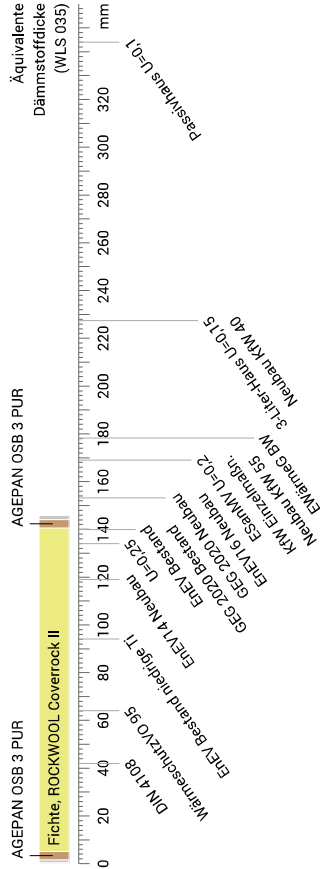
Wärmekapazität innen: 173 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

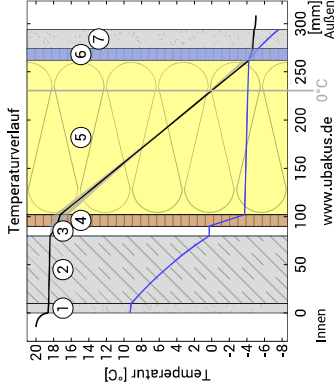
Dicke: 29,4 cm  
 Gewicht: 249 kg/m²  
 Wärmekapazität: 239 kJ/m²K

sd-Wert: 16,4 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

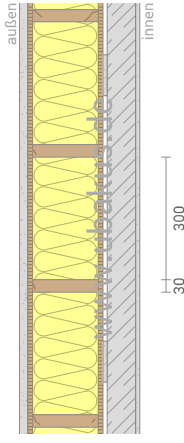
Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Eternit Eterplan (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
 Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	18,6	20,0	
2	1 cm Kalkputz	0,870	0,011	18,5	18,6	14,0
3	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3	18,6	161,0
4	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,0	18,4	0,0
5	1 cm Aluminium (1,4%)	160,000	0,000	18,3	18,4	4,6
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,2	18,4	7,2
7	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,2	17,9	15,1
8	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-3,5	16,3	7,1
9	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	-4,6	-3,5	7,2
10	2 cm Eternit Eterplan	0,580	0,034	-4,8	-4,4	33,0
11	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
12	29,4 cm Gesamtes Bauteil		4,323			249,3

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C



## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,12 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 53 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

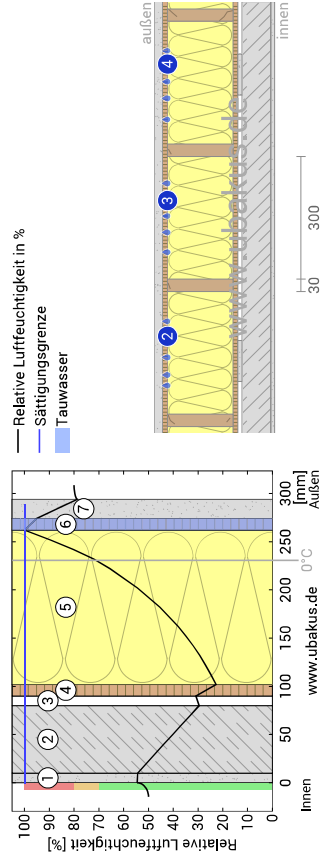
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,12	15,1
	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	7,1
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	0,12	7,2
7	2 cm Eternit Eterplan	4,80	-	33,0
	29,4 cm Gesamtes Bauteil	16,45	0,12	249,3

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,03 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,018 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

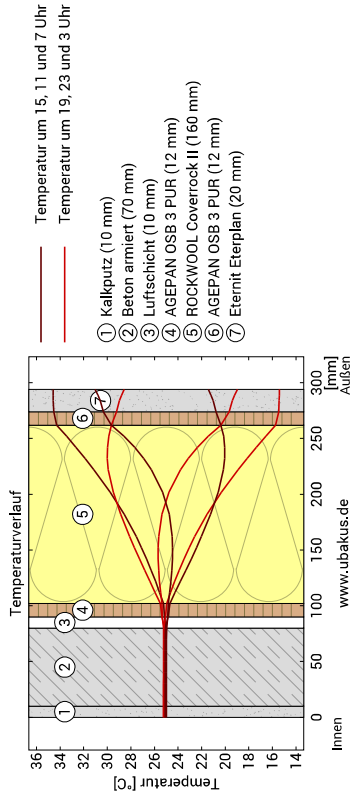


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)

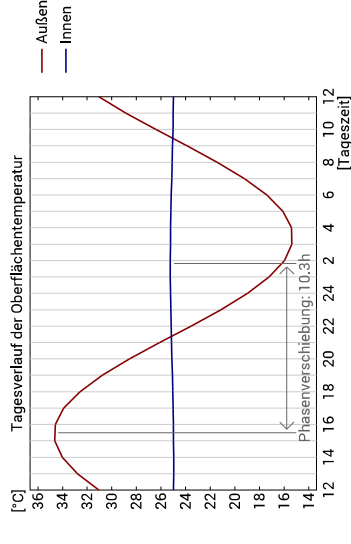
Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 Eternit Eterplan (20 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	239 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	71,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	173 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

## Wandmodul Diplom

### Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



### Feuchteschutz

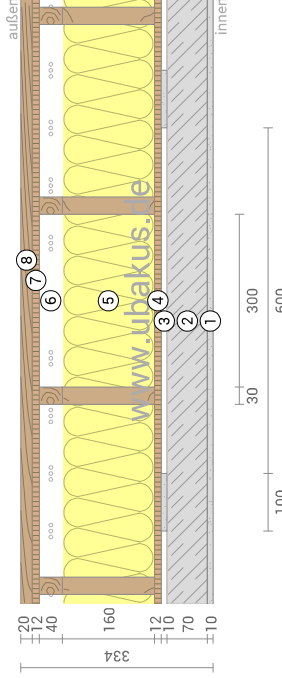
Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 68

Phasenverschiebung: 9,8 h

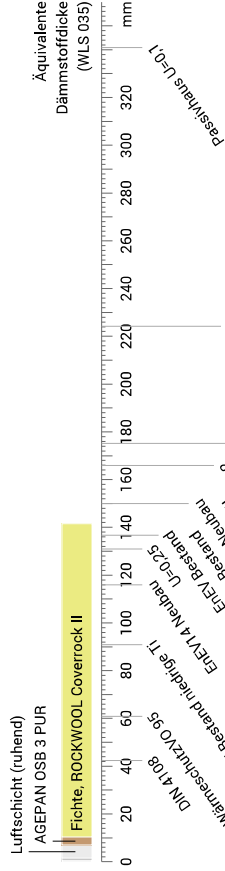
Wärmekapazität innen: 171 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

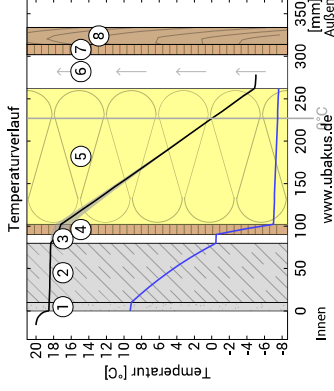
Dicke: 33,4 cm  
 Gewicht: 227 kg/m²  
 Wärmekapazität: 194 kJ/m²K

sd-Wert: 9,2 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom, U=0,24 W/(m²K)

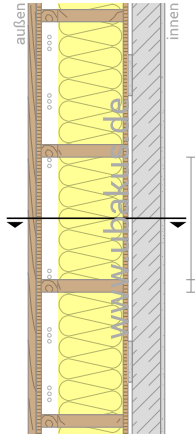
### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	160,000	0,000	18,3	18,3	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,0	18,3	7,2
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,1
6	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	16,0	7,1
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR		0,130	-5,0	-5,0	7,2
8	2 cm Fichte		0,130	-5,0	-5,0	9,0
<b>33,4 cm Gesamtes Bauteil</b>		<b>4,289</b>				<b>227,1</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,5°C / 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,5°C

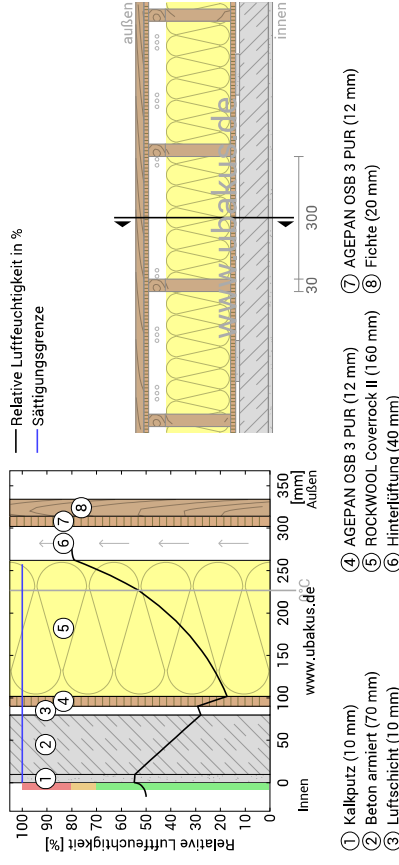
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	7,2	7,2
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	15,1	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	7,1	7,1
	33,4 cm Gesamtes Bauteil	9,15	-	-	227,1

## Luftfeuchtigkeit

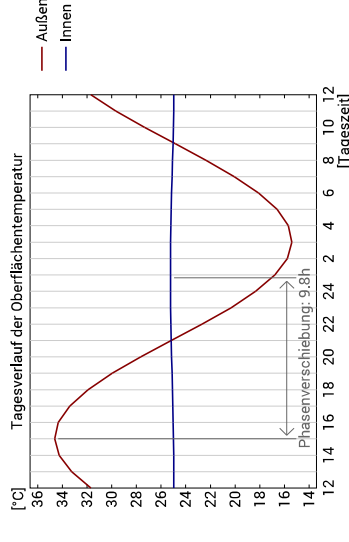
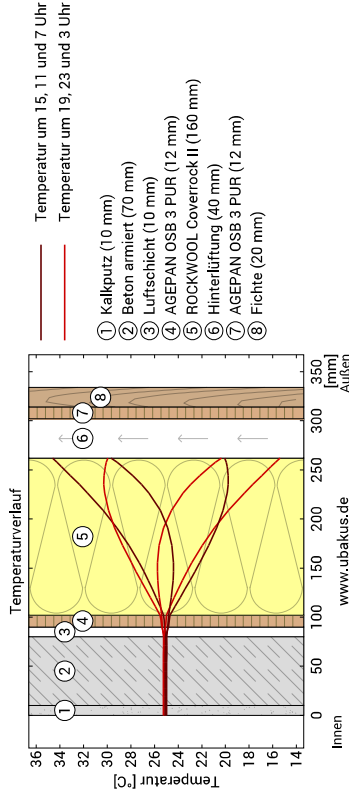
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	194 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	68,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	171 kJ/m²K
TAV***	0,015		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

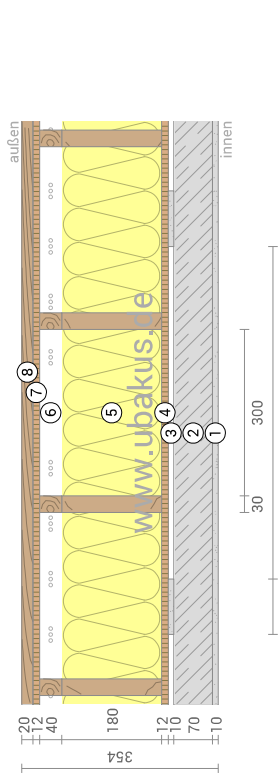
Alle Angaben ohne Gewähr

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**  
U = 0,23 W/(m²K)  
EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)  
sehr gut

**Feuchteschutz**  
Kein Tauwasser  
mangelhaft

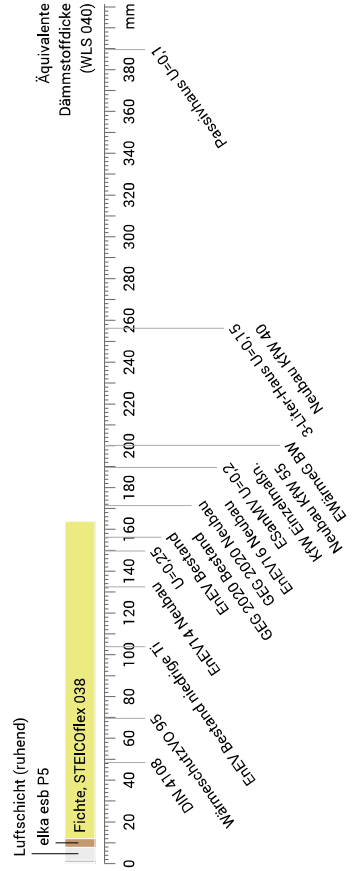
**Hitzeschutz**  
Temperaturamplitudendämpfung: 75  
Phasenverschiebung: 10,7 h  
Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K  
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

Dicke: 35,4 cm  
 Gewicht: 221 kg/m²  
 Wärmekapazität: 203 kJ/m²K

sd-Wert: 7,8 m

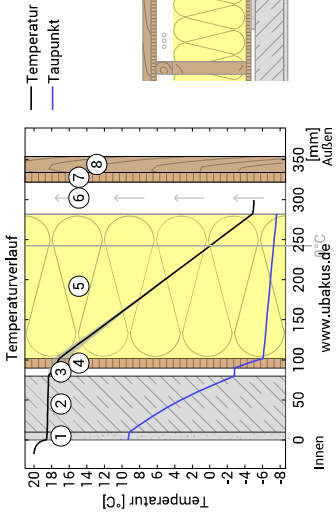
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



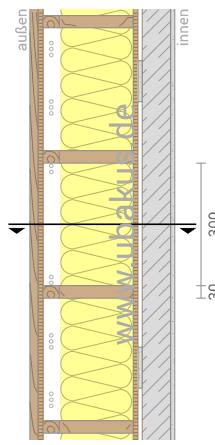
Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

Alle Angaben ohne Gewähr

### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)



**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	16,1	18,3	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8	17,8	81
7	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6	16,2	8,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
8	2 cm Fichte			-5,0	-5,0	9,0
<b>35,4 cm Gesamtes Bauteil</b>				<b>4,344</b>		<b>221,5</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,6°C / 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,6°C



Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:

innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

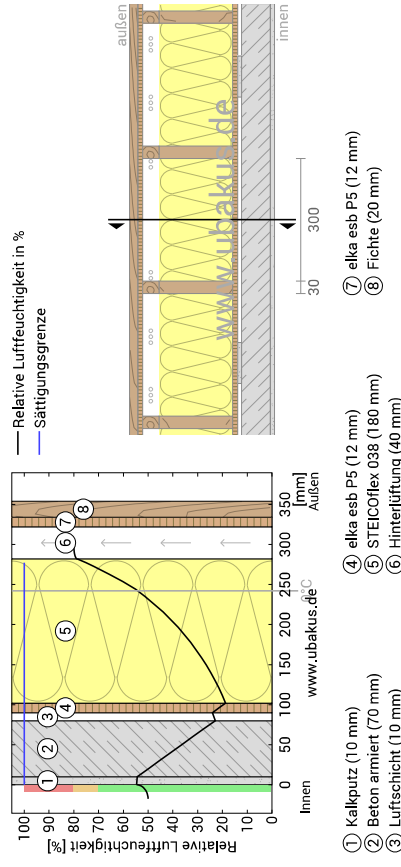
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	8,0
35,4 cm Gesamtes Bauteil				221,5

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

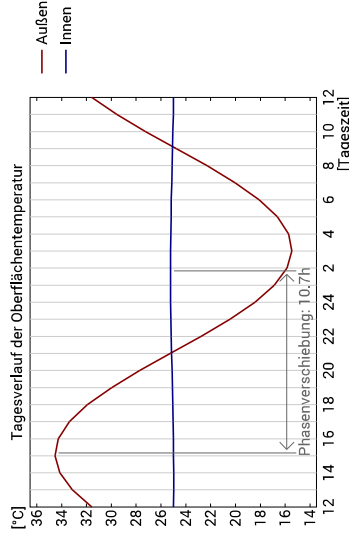
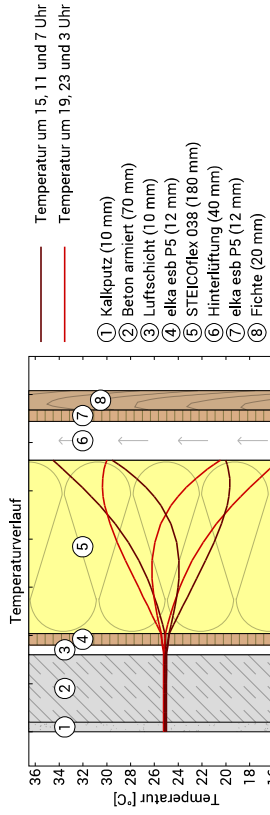


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	203 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	75,2	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	176 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht. \*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C. \*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

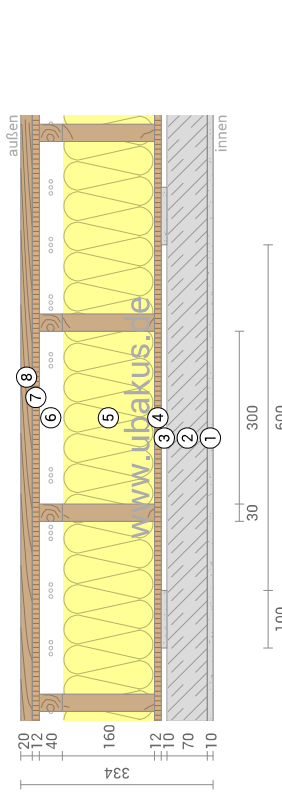
### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 70

Phasenverschiebung: 10,0 h

Wärmekapazität innen: 173 kJ/m²K

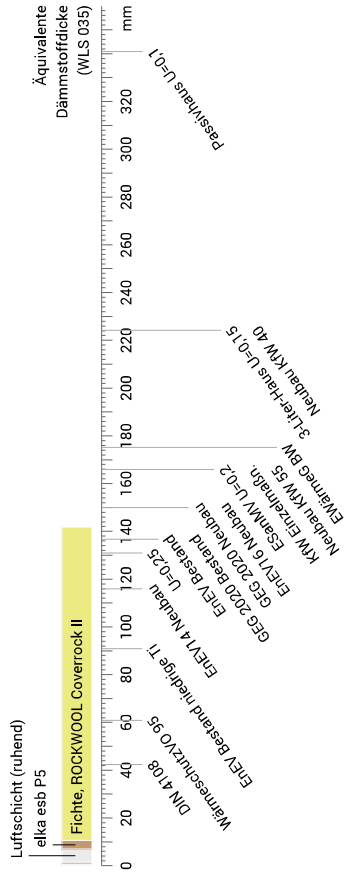
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächen temp.: 18,5°C / -4,8°C

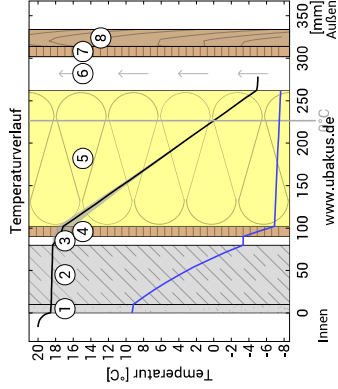
Dicke: 33,4 cm  
Gewicht: 228 kg/m²  
Wärmekapazität: 197 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



Wandmodul Diplom, U=0,24 W/(m²K)

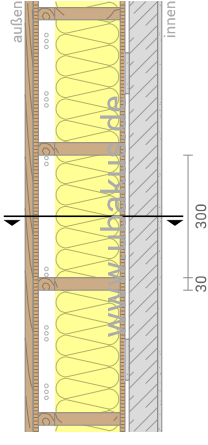
## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
Wärmeübergangswiderstand*						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
160,000						
160,000						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,100	0,100	15,9	18,3	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	15,9	7,1
Wärmeübergangswiderstand*						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0	-4,5	0,0
7	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
8	2 cm Fichte			-5,0	-5,0	9,0
33,4 cm Gesamtes Bauteil				4,298		227,6

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 18,5°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

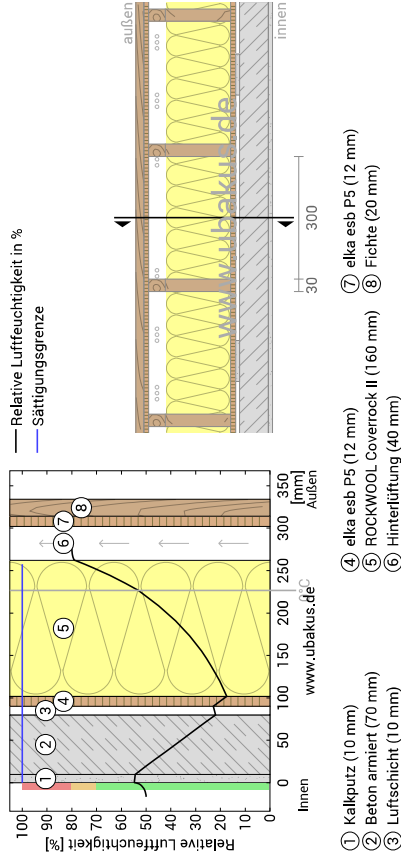
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	7,1
33,4 cm Gesamtes Bauteil				227,6

## Luftfeuchtigkeit

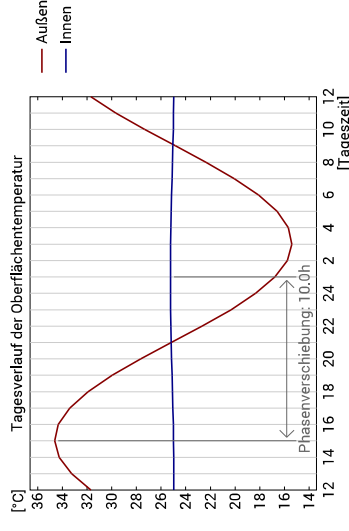
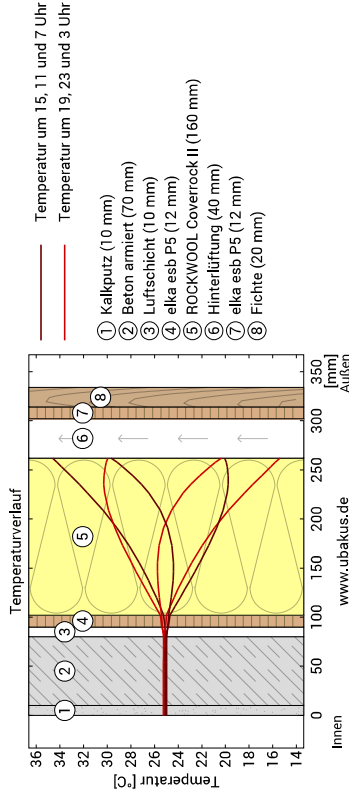
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,0 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	197 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	699	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	173 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser

mangelhaft

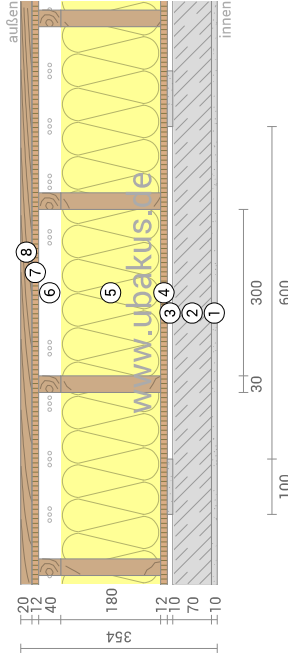
**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 74

Phasenverschiebung: 10,7 h

Wärmekapazität innen: 174 kJ/m²K

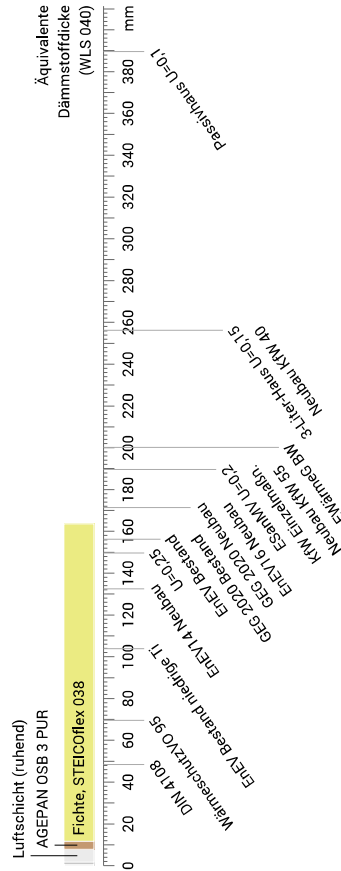
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

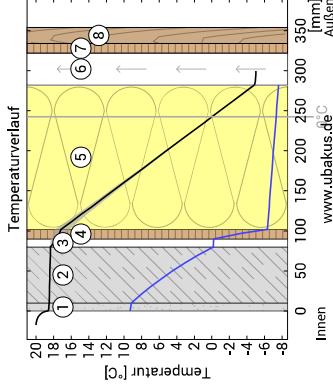
sd-Wert: 9,4 m

Dicke: 35,4 cm  
Gewicht: 221 kg/m²  
Wärmekapazität: 200 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

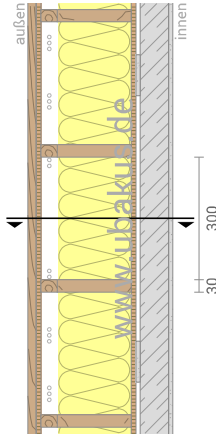
Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ Fichte (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
<b>1,4%</b>						
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,2	18,3	7,2
5	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8	17,8	81
6	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6	16,2	8,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR			-5,0	-5,0	7,2
8	2 cm Fichte			-5,0	-5,0	9,0
<b>35,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,336</b>			<b>221,0</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 18,6°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,6°C



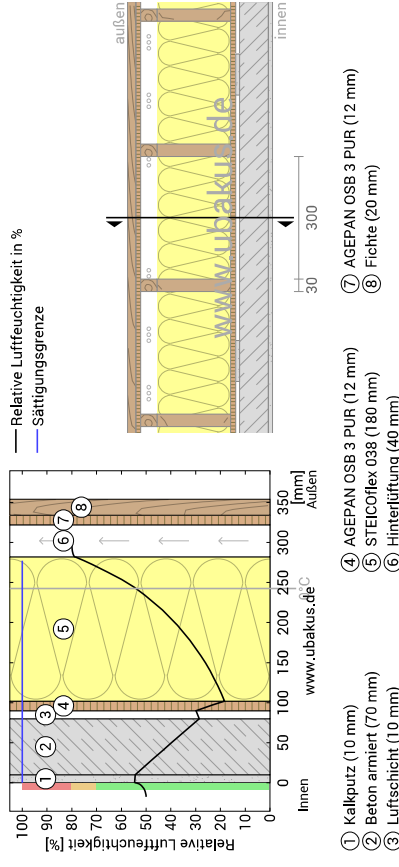
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	7,2
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	8,0
	35,4 cm Gesamtes Bauteil	9,40	-	221,0

## Luftfeuchtigkeit

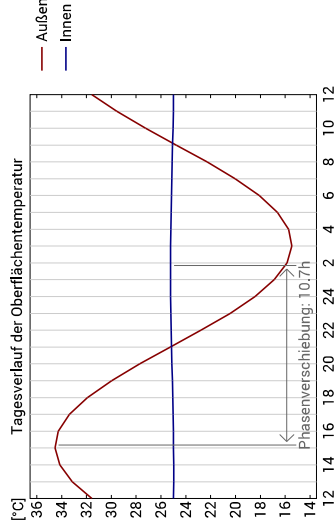
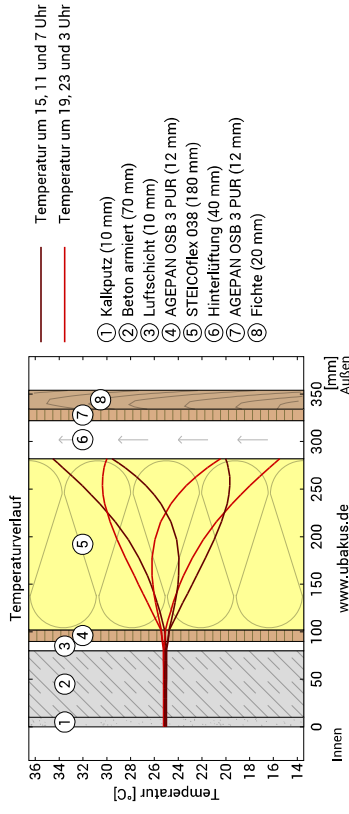
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	200 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	7,35	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	174 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

**Wärmeschutz**

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

**Feuchteschutz**

Feuchtegehalt Holz: +0,7%

Trocknet 12 Tage

Tauwasser: 55 g/m²

sehr gut mangelhaft

**Hitzeschutz**

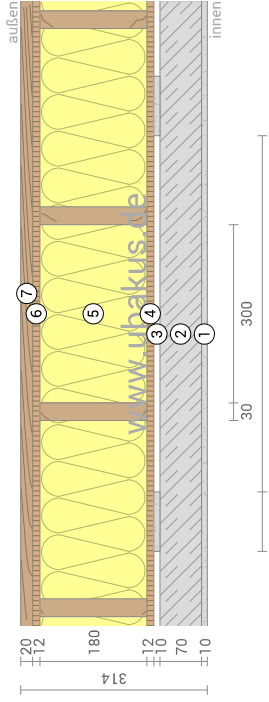
Temperaturamplitudendämpfung: 87

Phasenverschiebung: 1,22 h

Wärmekapazität innen: 179 kJ/m²K

sehr gut mangelhaft

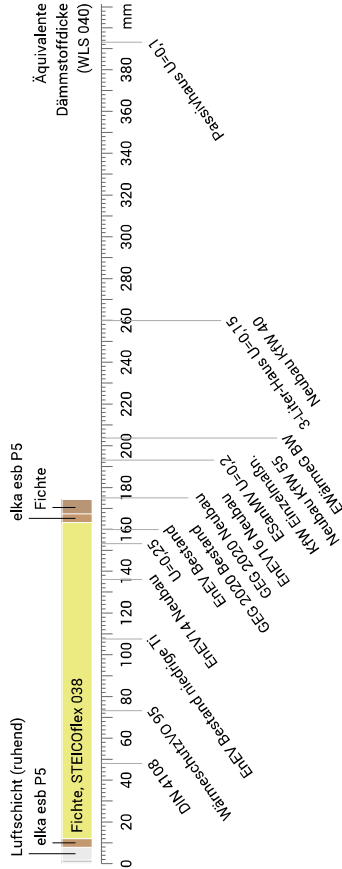
Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

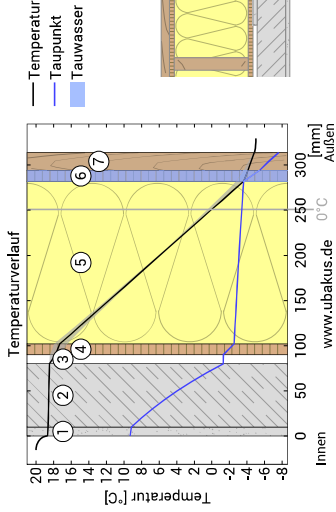
sd-Wert: 9,5 m

Dicke: 31,4 cm  
Gewicht: 220 kg/m²  
Wärmekapazität: 232 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

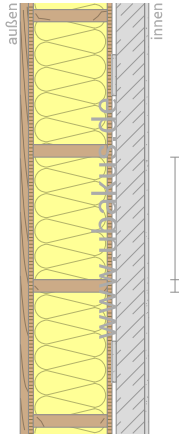
Wandmodul Diplom, U=0,22 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
Wärmeübergangswiderstand*						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,4	18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,2	18,5	0,0
160,000						
1 cm Aluminium (1,4%)						
4	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	16,4	18,4	4,6
5	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-3,6	17,9	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-2,8	16,5	8,0
7	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,1	-2,8	7,5
Wärmeübergangswiderstand*						
2 cm Fichte	0,130	0,154	-4,8	-3,6	9,0	
Gesamtes Bauteil						
31,4 cm		4,513				219,7

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,7°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,055 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 12 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

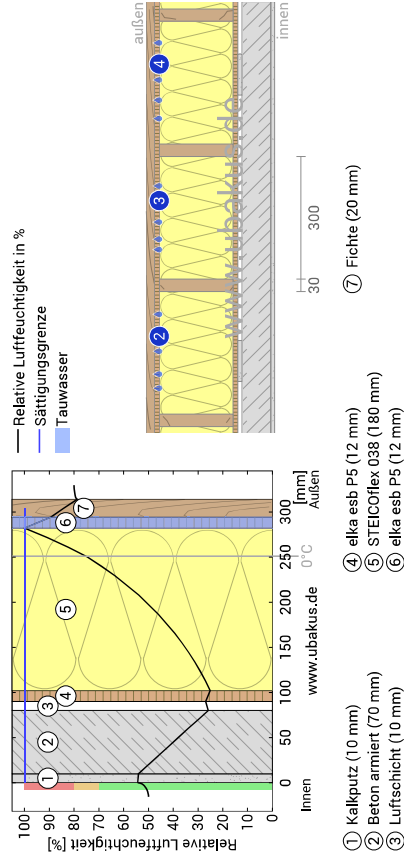
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gev.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	-	7,5
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,055	-	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	-	8,0
	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,055	0,7	7,5
7	2 cm Fichte	1,00	-	-	9,0
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	9,46	0,055	-	219,7

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,01 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 2 Tauwasser: 0,011 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 3 Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 4 Tauwasser: 0,011 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 5 Tauwasser: 0,009 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

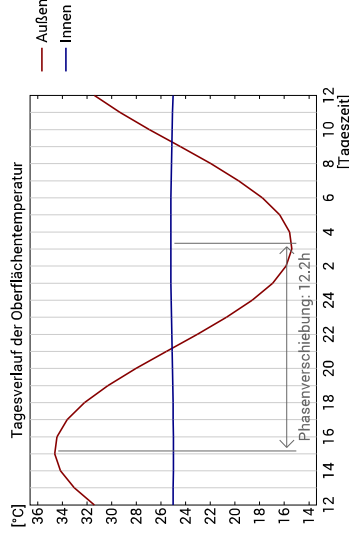
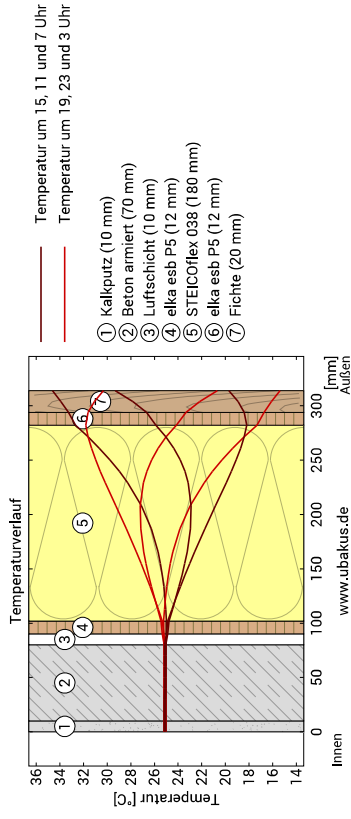
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	12,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	232 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	87,0	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	179 kJ/m²K
TAV***	0,012		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wandmodul Diplom**

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

**Feuchteschutz**

Feuchtegehalt Holz: +0,8%

Trocknet 13 Tage

Tauwasser: 62 g/m²

sehr gut mangelhaft

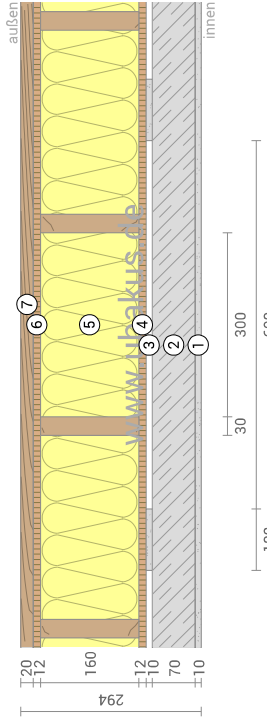
**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 79

Phasenverschiebung: 11,3 h

Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K

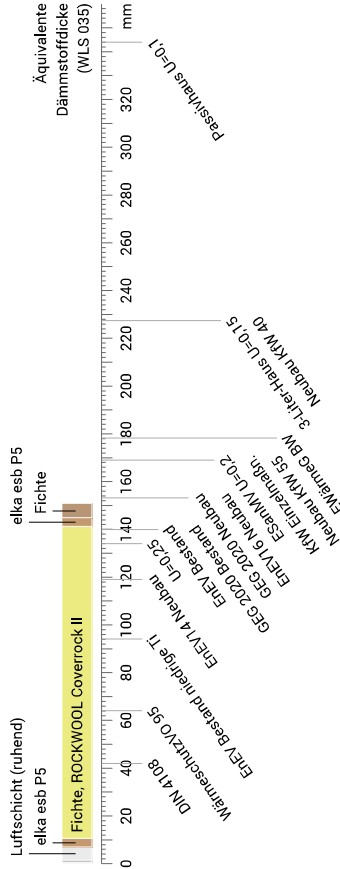
sehr gut mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

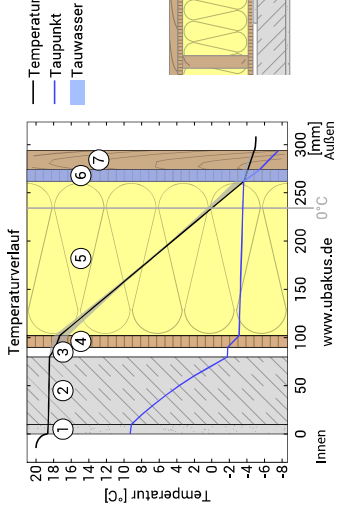
sd-Wert: 9,2 m

Dicke: 29,4 cm  
 Gewicht: 226 kg/m²  
 Wärmekapazität: 226 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
 Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,7	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,5	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,4	18,4	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,035	0,100	16,3	18,4	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-3,6	17,9	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-2,6	16,3	7,1
8	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,1	-2,6	7,5
9	2 cm Fichte	0,130	0,154	-4,8	-3,5	9,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
10	29,4 cm Gesamtes Bauteil	4,468		-5,0	-4,7	225,8

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,7°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C



## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,062 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 13 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

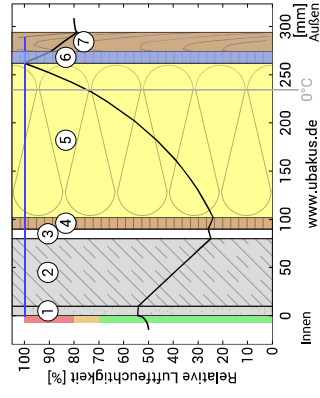
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gev.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	-	7,5
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,061	-	15,1
6	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	-	7,1
	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,061	0,8	7,5
7	2 cm Fichte	1,00	-	-	9,0
	29,4 cm Gesamtes Bauteil	9,21	0,062	-	225,8

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,011 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,012 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,017 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,012 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,01 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

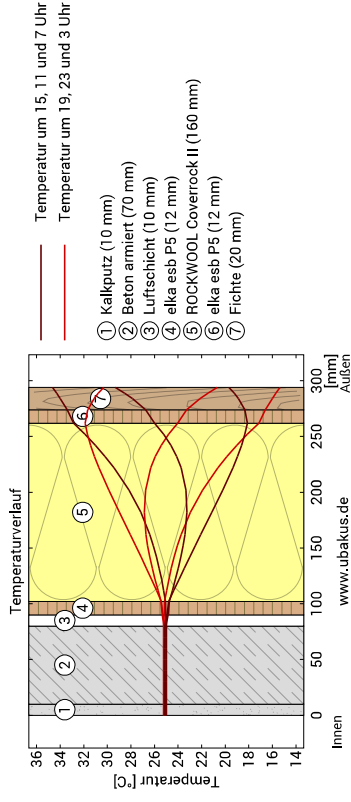


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 Fichte (20 mm)

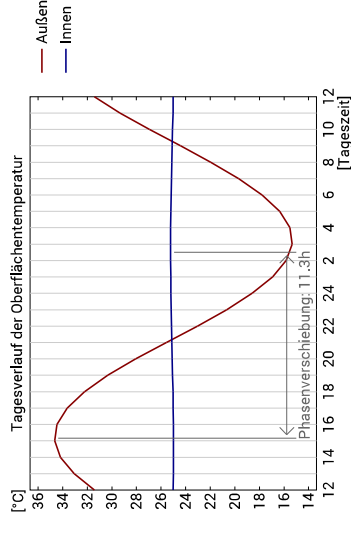
Hinweis: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 Fichte (20 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	226 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	78,7	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	176 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



Wandmodul Diplom, U=0,22 W/(m²K)

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,072 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 23 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

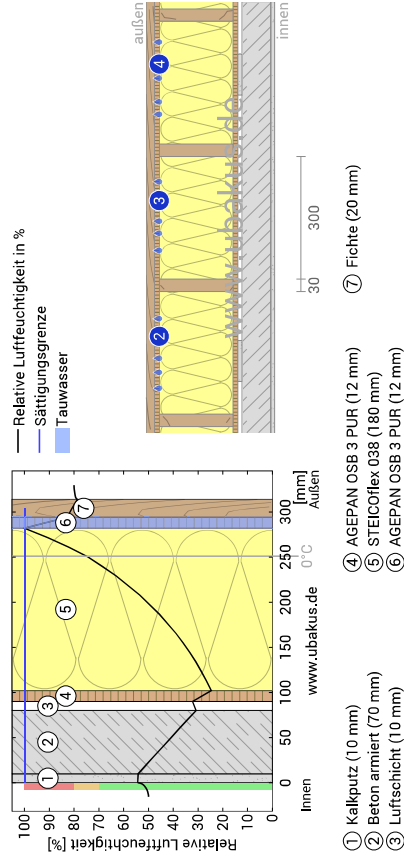
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,072	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	8,0
	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	1,0	7,2
7	2 cm Fichte	1,00	-	9,0
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	12,51	0,072	219,2

## Tauwassererebenen

- ① Tauwasser: 0,013 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- ② Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- ③ Tauwasser: 0,019 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- ④ Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- ⑤ Tauwasser: 0,011 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

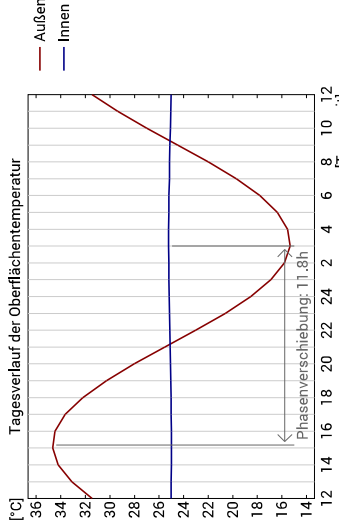
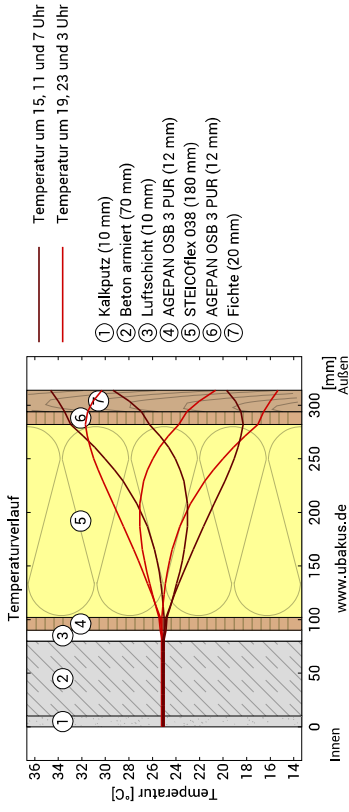


Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Wandmodul Diplom, U=0,22 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	226 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	83,3	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	177 kJ/m²K
TAV***	0,012		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

## Wandmodul Diplom

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

$U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

sehr gut mangelhaft

### Feuchteschutz

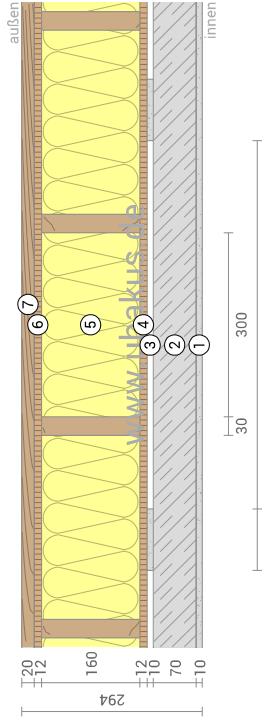
Trocknet 24 Tage  
Feuchtegehalt Holz: +1,1%  
Tauwasser: 77 g/m<sup>2</sup>

sehr gut mangelhaft

### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 76  
Phasenverschiebung: 11,0 h  
Wärmekapazität innen: 174 kJ/m<sup>2</sup>K

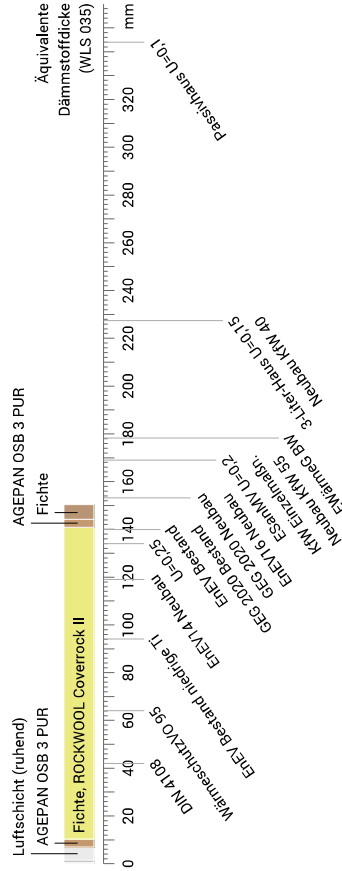
sehr gut mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmeübergangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

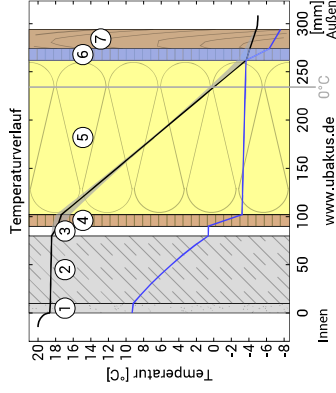
sd-Wert: 12,3 m

Dicke: 29,4 cm  
Gewicht: 225 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 221 kJ/m<sup>2</sup>K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom,  $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ Fichte (20 mm)

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> /W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]			
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>								
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	18,5	18,7	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3	18,6	18,3	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	1,60000	17,1	18,5	17,1	18,5	0,0
<b>160,000</b>								
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,130	0,000	18,4	18,4	18,4	18,4	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,035	0,092	16,3	18,4	16,3	18,4	7,2
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-3,7	17,9	-3,7	17,9	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-2,7	16,4	-2,7	16,4	7,1
8	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	-4,1	-2,7	-4,1	-2,7	7,2
9	2 cm Fichte	0,130	0,154	-4,8	-3,5	-4,8	-3,5	9,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>								
29,4 cm	Gesamtes Bauteil	4,451		-5,0	-4,7			225,3

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden  $R_{si} = 0,25$  und  $R_{se} = 0,04$  gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,7°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C



## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,077 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 24 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

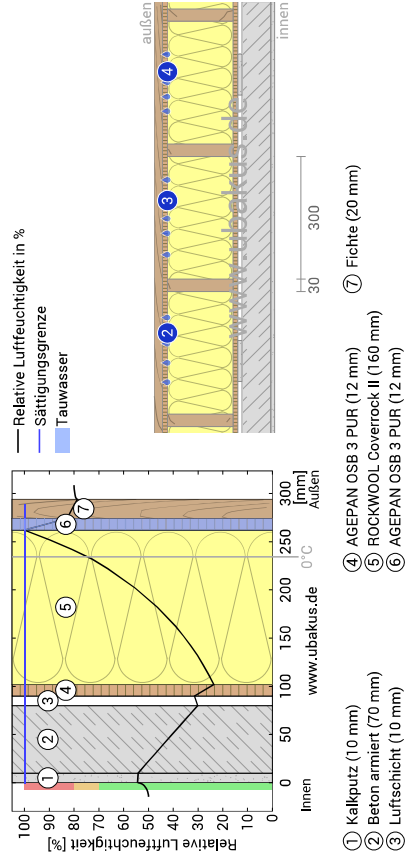
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	1,500	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,077	15,1
6	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	7,1
	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	0,077	7,2
7	2 cm Fichte	1,00	-	9,0
	29,4 cm Gesamtes Bauteil	12,26	0,077	225,3

## Tauwassererebenen

- ① Tauwasser: 0,014 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- ② Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- ③ Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- ④ Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- ⑤ Tauwasser: 0,012 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

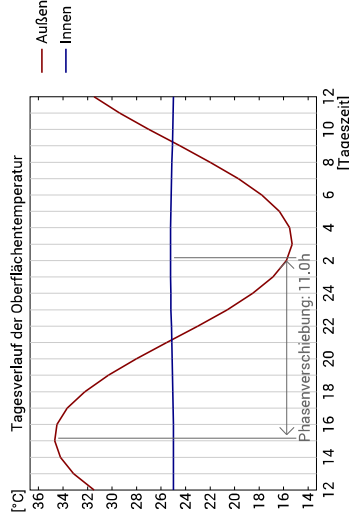
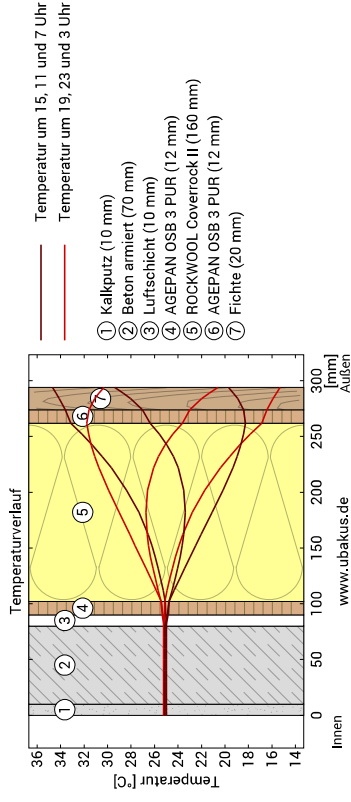
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,0 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	221 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	76,3	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	174 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung  
Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



**Feuchteschutz**

Feuchtegehalt Holz: +1,9%

Trocknet 6 Tage

Tauwasser: 23 g/m²

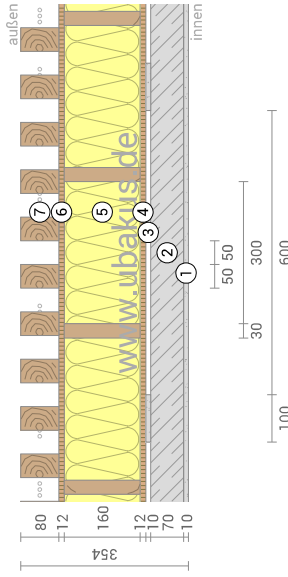


**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

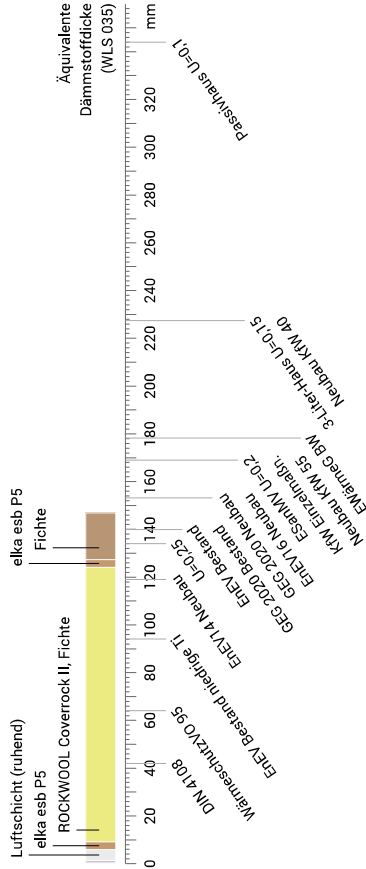
Wärmekapazität innen: 175 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Fichte (80x50)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.

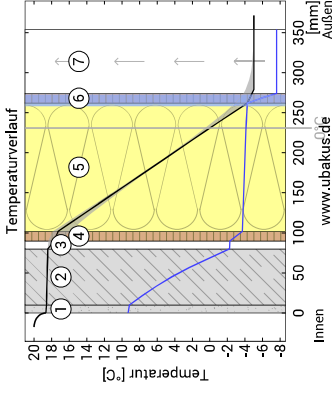


Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächetemp.: 18,6°C / -5,0°C

Dicke: 35,4 cm  
 Gewicht: 234 kg/m²  
 Wärmekapazität: 241 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

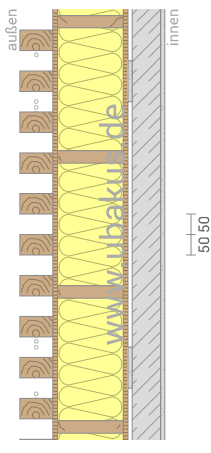
**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Außenluft (80 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5	18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	160,000	0,000	18,4	18,4	4,1
4	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	15,9	18,4	7,5
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,3	17,9	15,3
6	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-3,5	16,1	6,3
7	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,8	-2,9	7,5
	8 cm Außenluft			-5,0	-4,1	
	8 cm Fichte (50%)	0,130	0,615	-5,0	-4,4	18,3
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
	35,4 cm Gesamtes Bauteil		4,354			234,0

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -5,0°C -5,0°C -5,0°C

### Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,023 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 6 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	s4-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,1
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	-	7,5
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,023	-	15,3
6	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	-	6,3
7	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,11	1,9	7,5
	8 cm Außenluft		0,11		
	8 cm Fichte (50%)	4,00	0,034	0,2	18,3
	35,4 cm Gesamtes Bauteil	9,65	0,023		23,0

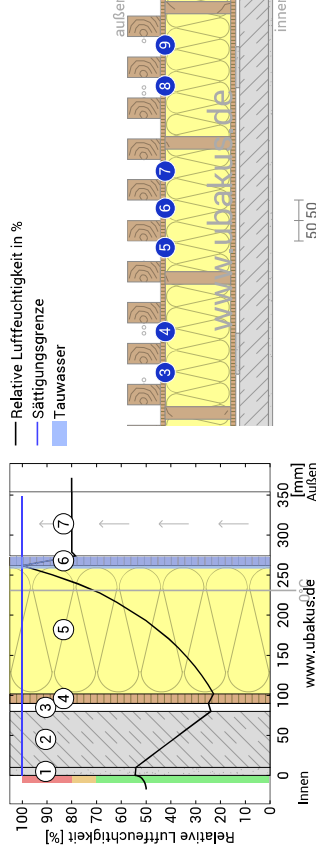
Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

### Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,003 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 6 Tauwasser: 0,004 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 7 Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 8 Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 9 Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 10 Tauwasser: 0,003 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 11 Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II

### Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 Außenluft (80 mm)
- 8 elka esb P5 (12 mm)
- 9 Fichte (50%)

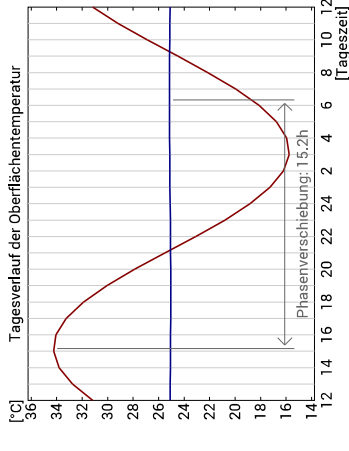
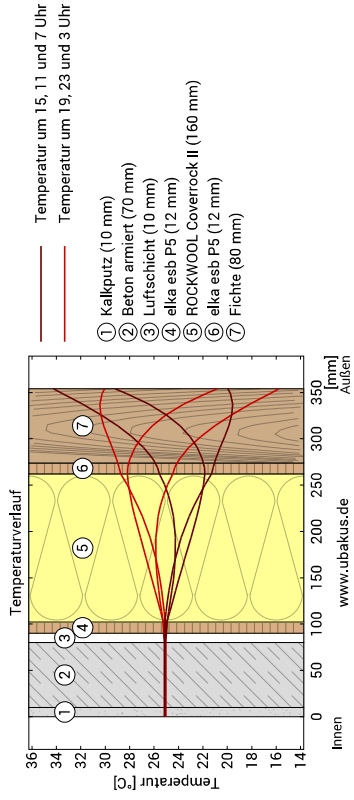
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	241 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	175 kJ/m²K
TAV***	0,006		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
 \*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
 \*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

### Wandmodul Diplom

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

#### Wärmeschutz

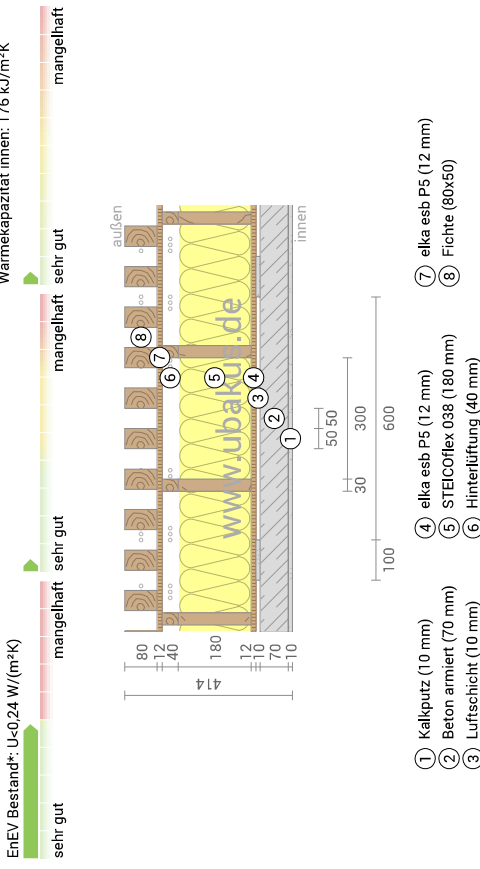
U = 0,23 W/(m²K)

#### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

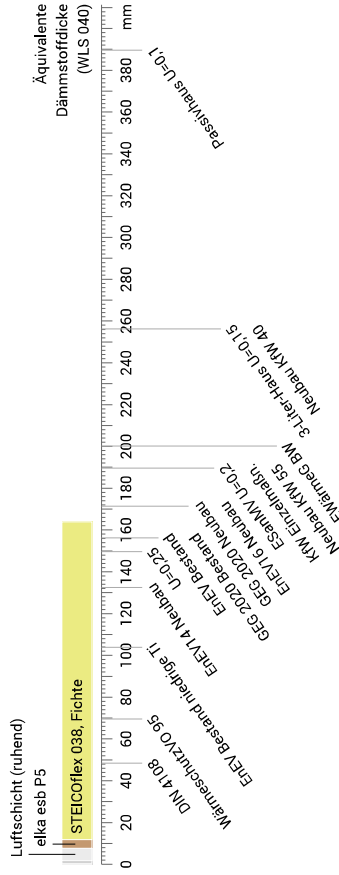
#### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 75  
 Phasenverschiebung: 10,7 h  
 Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K



### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.

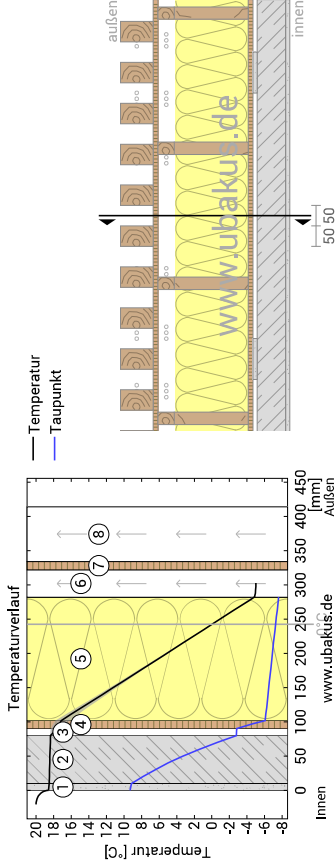


Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C  
 sd-Wert: 7,8 m  
 Dicke: 41,4 cm  
 Gewicht: 229 kg/m²  
 Wärmekapazität: 203 kJ/m²K



Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Außenluft (80 mm)

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5 20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5 18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1 18,4	0,0
160,000					
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,100	18,3 18,3	4,1
5	1,2 cm elka esb P5	0,040	4,500	-4,8 17,8	8,2
6	18 cm STEICOflex 038	0,130	1,385	-4,6 16,2	7,1
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
7	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0 -4,6	0,0
8	1,2 cm elka esb P5			-5,0 -5,0	7,5
8 cm Außenluft					
41,4 cm Gesamtes Bauteil					
				4,344	229,2

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 18,6°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,6°C

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Feuchteschutz

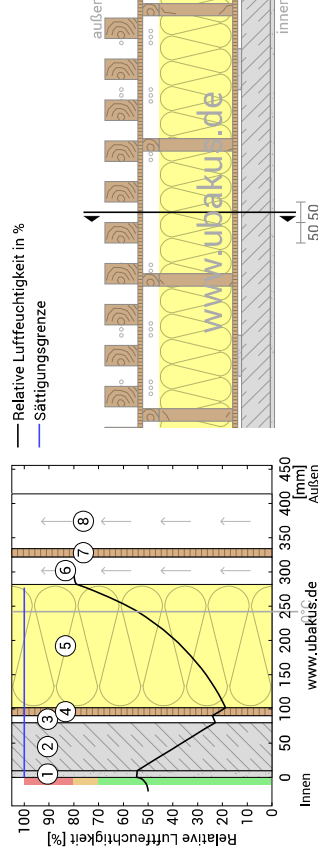
Für die Berechnung der Tauwassermergen wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m²]	
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0	
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0	
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0	
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,1	
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	7,5	
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	8,2	
7	18 cm Fichte (9,1%)	9,00	-	7,1	
41,4 cm Gesamtes Bauteil				7,81	229,2

### Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



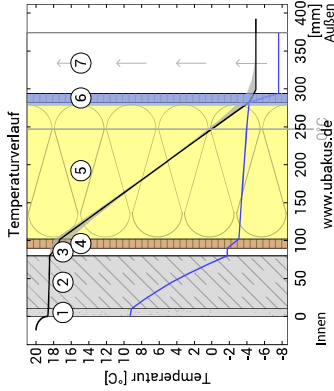
- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Außenluft (80 mm)

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.



Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

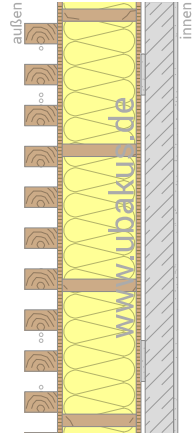
### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ Außenluft (80 mm)

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6 20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5 18,7	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1 18,4	0,0
160,000					
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,100	16,1 18,4	4,1
4	1,2 cm elka esb P5	0,040	4,500	-4,2 17,9	8,2
5	18 cm STEICOflex 038	0,130	1,385	-3,6 16,3	7,1
6	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,8 -3,0	7,5
7	8 cm Außenluft			-5,0 -4,2	
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
	8 cm Fichte (50%)	0,130	0,615	-5,0 -4,4	18,3
	37,4 cm Gesamtes Bauteil		4,399	-5,0 -5,0	227,6

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,7°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -5,0°C -5,0°C

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,016 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 4 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [s]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
3	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,1
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	7,5
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,016	8,2
6	1,2 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	7,1
7	8 cm Außenluft	0,96	0,14	7,5
	8 cm Fichte (50%)	4,00	0,11	18,3
	37,4 cm Gesamtes Bauteil	9,90	0,035	227,6

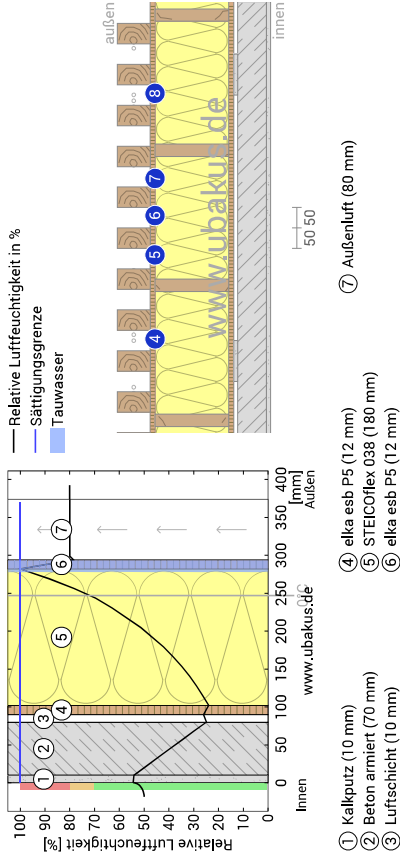
### Tauwassererebenen

- ① Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ② Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ③ Tauwasser: -0 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ④ Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑤ Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑥ Tauwasser: 0,003 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑦ Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑧ Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑨ Tauwasser: -0 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑩ Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- ⑪ Tauwasser: -0 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

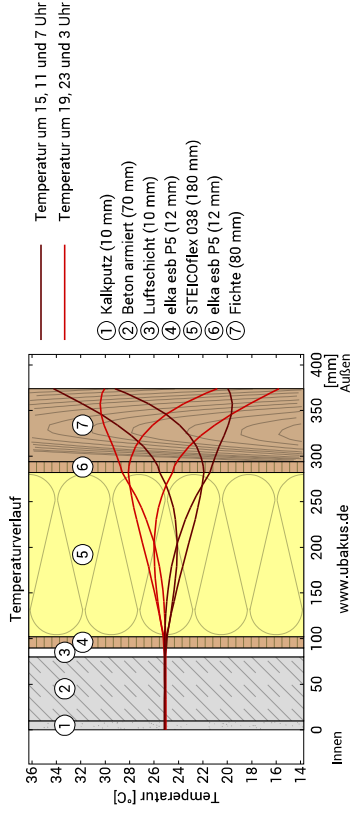


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

### Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Dieses Dokument wurde vom U-Verf-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Inhalte ein Schaden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weiteres entnehmen Sie bitte den AGB unter https://www.ubakus.de/agb

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	246 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	178 kJ/m²K
TAV***	0,005		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht. Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.





## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

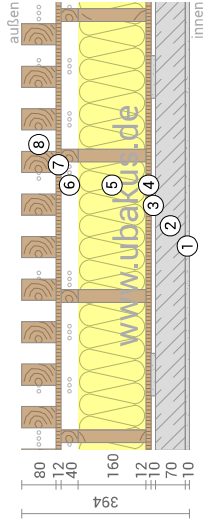
### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 70

Phasenverschiebung: 10,0 h

Wärmekapazität innen: 173 kJ/m²K

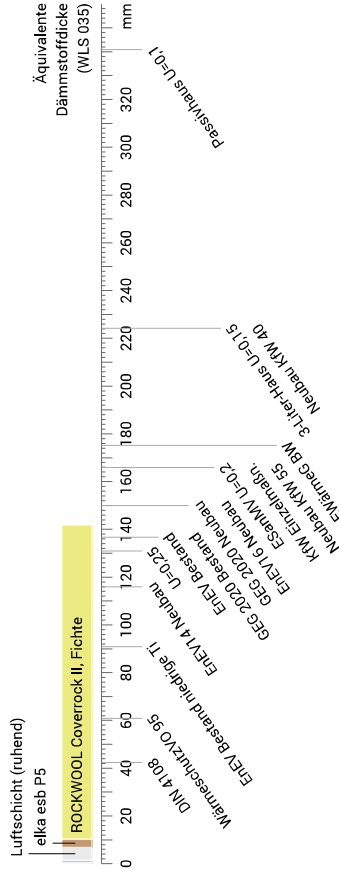
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Fichte (80x50)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

sd-Wert: 7,6 m

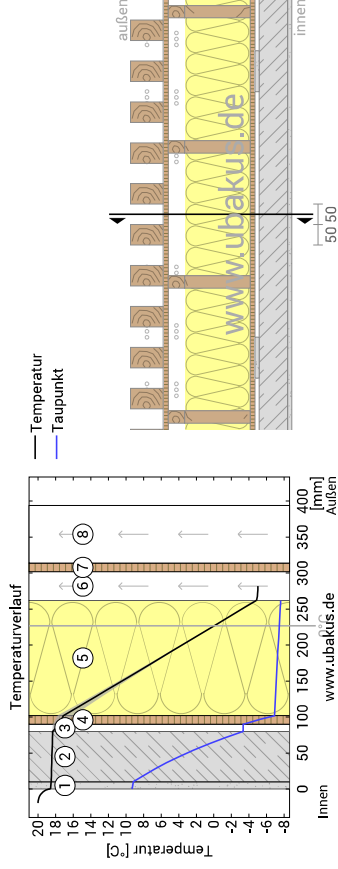
Dicke: 39,4 cm  
Gewicht: 236 kg/m²  
Wärmekapazität: 197 kJ/m²K



Wandmodul Diplom, U=0,24 W/(m²K)

Alle Angaben ohne Gewähr

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Außenluft (80 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,1
5	1,2 cm elka esb P5	0,100	0,120	15,9	18,3	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,3
7	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	15,9	6,3
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)		0,130	-5,0	-4,5	0,0
7	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
8	8 cm Außenluft			-5,0	-5,0	0,1
<b>39,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,298</b>			<b>235,5</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 18,5°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

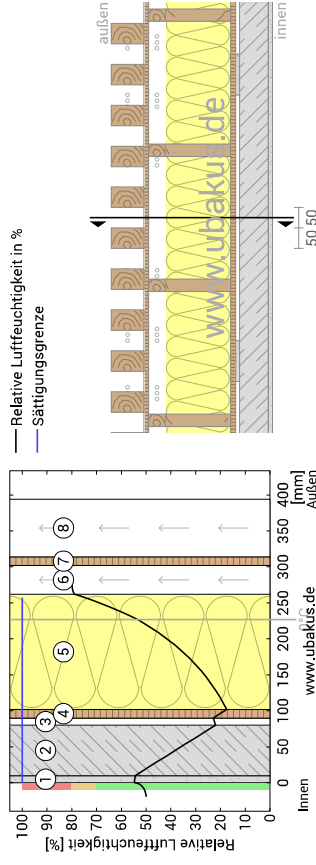
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,1
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	-	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	-	15,3
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	-	6,3
39,4 cm Gesamtes Bauteil					235,5

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

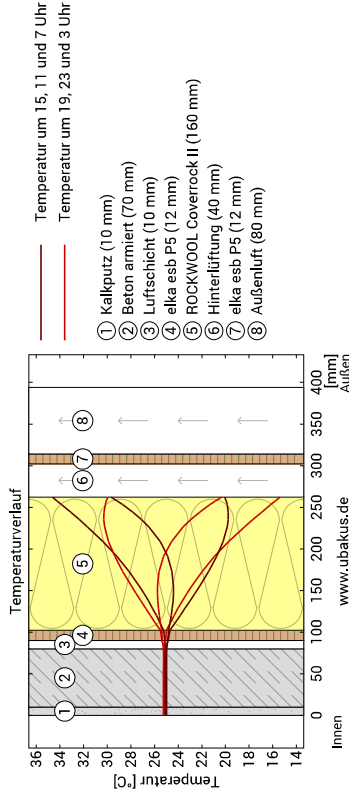


- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Außenluft (80 mm)

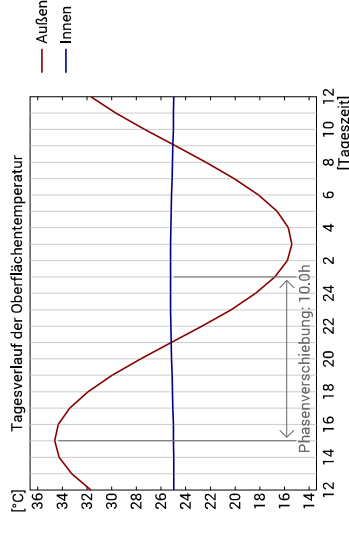
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ Außenluft (80 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,0 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	197 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	699	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	173 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

$U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

EnEV Bestand\*:  $U=0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

sehr gut

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 74

Phasenverschiebung: 10,7 h

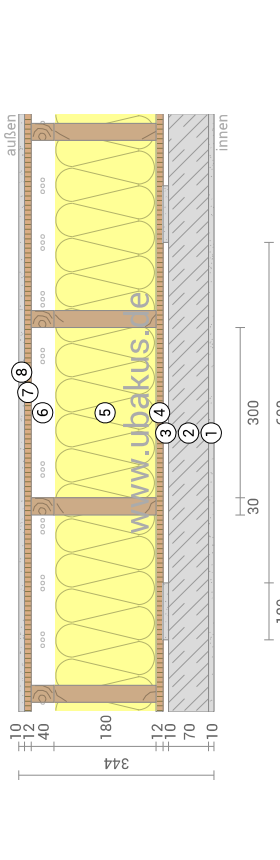
Wärmekapazität innen:  $174 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

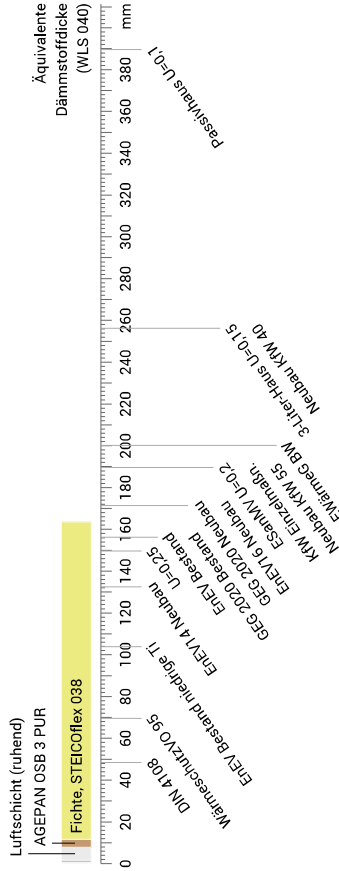
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit  $0,040 \text{ W/mK}$ .



Raumluft:  $20,0^\circ\text{C} / 50\%$   
Außenluft:  $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$   
Oberflächentemp.:  $18,5^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

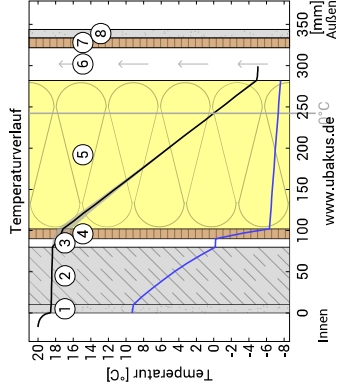
Dicke: 34,4 cm  
Gewicht: 225 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 200 kJ/m<sup>2</sup>K

Dicke: 34,4 cm  
Gewicht: 225 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 200 kJ/m<sup>2</sup>K

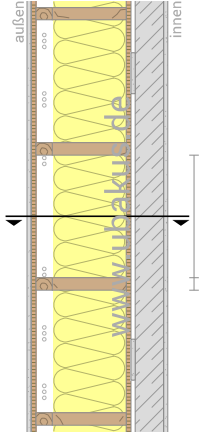


Wandmodul Diplom,  $U=0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD...



Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> /W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	18,5 20,0	
2	1 cm Kalkputz	0,870	0,011	18,5 18,6	14,0
3	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3 18,5	161,0
4	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1 18,4	0,0
5	1 cm Aluminium (1,4%)	160,000	0,000	18,3 18,3	4,6
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,2 18,3	7,2
7	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8 17,8	81
8	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6 16,2	8,0
9	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	-5,0 -4,6	
10	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0 -5,0	0,0
11	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR			-5,0 -5,0	7,2
12	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD			-5,0 -5,0	13,0
13	34,4 cm Gesamtes Bauteil		4,336		225,0

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden  $R_{si}=0,25$  und  $R_{se}=0,04$  gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max):  $18,5^\circ\text{C} / 18,6^\circ\text{C} / 18,6^\circ\text{C}$   
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max):  $-4,8^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C} / -4,6^\circ\text{C}$

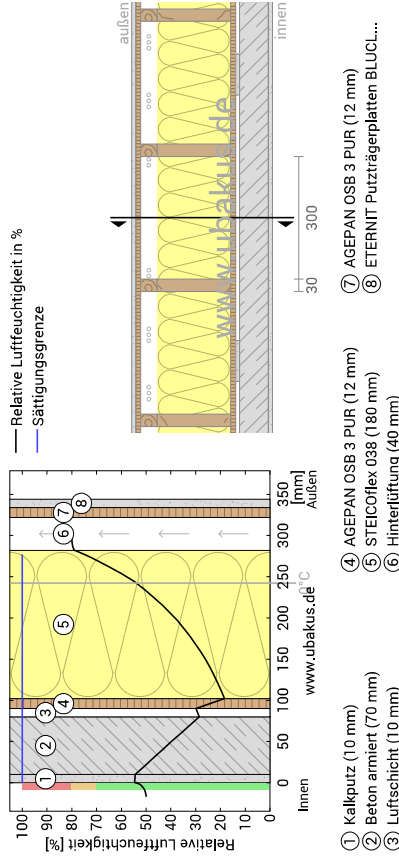
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	-	7,2
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	-	8,0
34,4 cm Gesamtes Bauteil		9,40	-	-	225,0

## Luftfeuchtigkeit

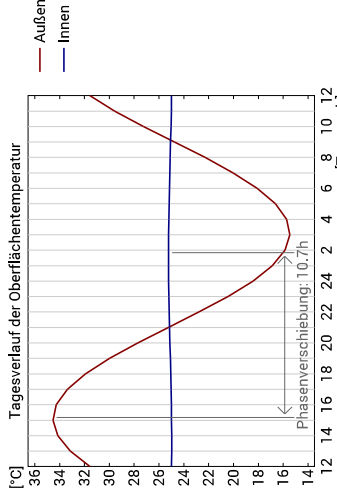
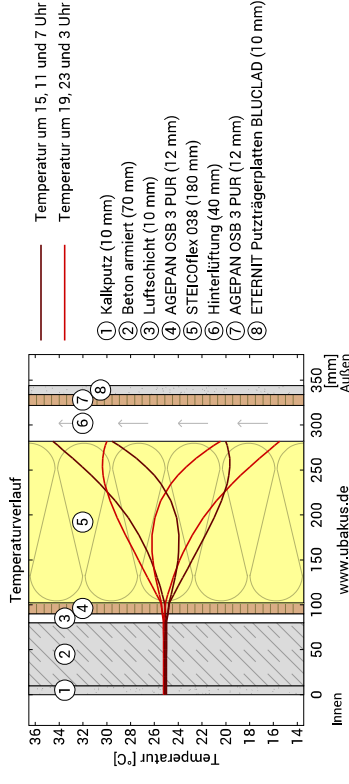
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

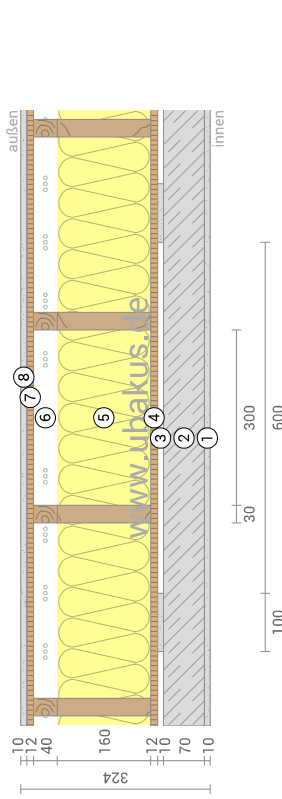
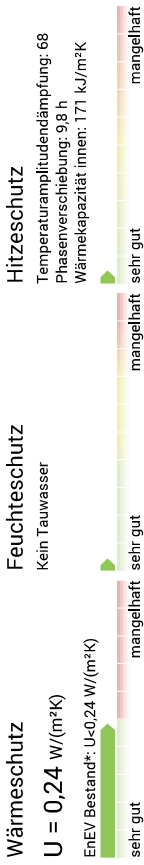
Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	200 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	73,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	174 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

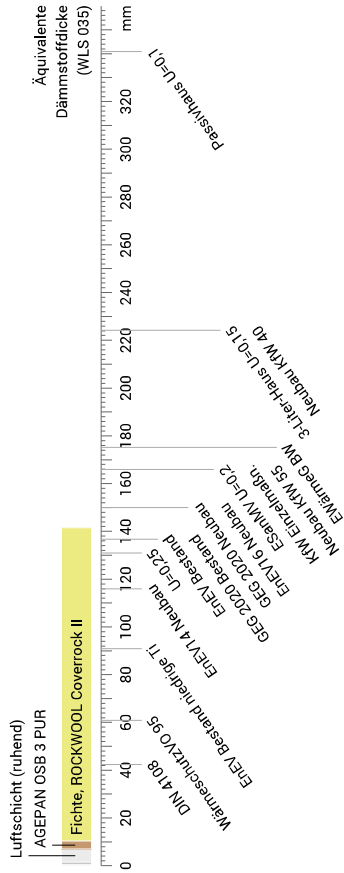




- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mk.



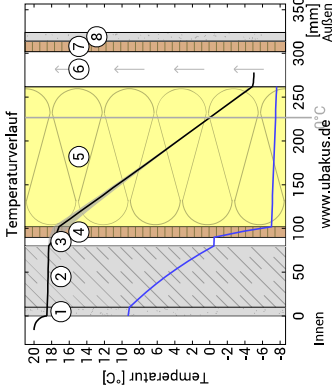
Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

Dicke: 32,4 cm  
 Gewicht: 231 kg/m²  
 Wärmekapazität: 194 kJ/m²K

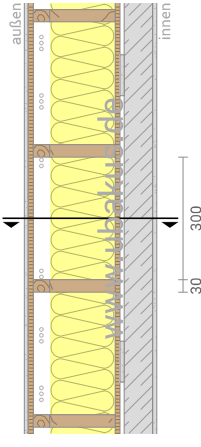
sd-Wert: 9,2 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD...



**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,2	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	16,9	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,130	0,000	18,3	18,3	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,0	18,3	7,2
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,8	17,8	15,1
5	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-4,5	16,0	7,1
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR			-5,0	-5,0	7,2
8	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD			-5,0	-5,0	13,0
<b>32,4 cm Gesamtes Bauteil</b>			<b>4,289</b>			<b>231,1</b>

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Psi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C / 18,5°C / 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,5°C

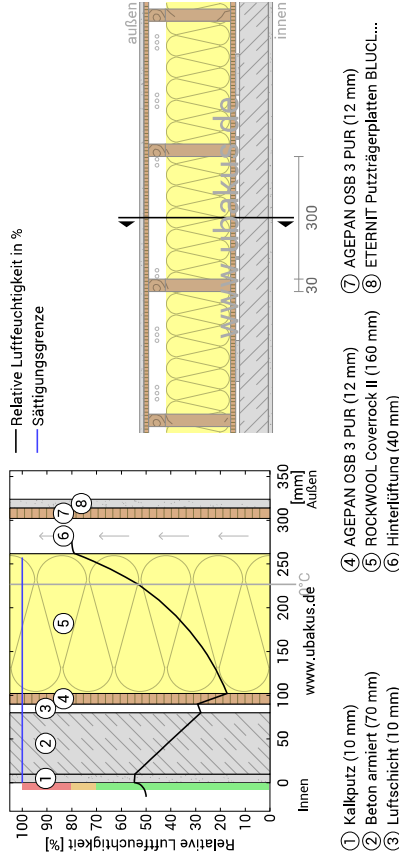
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
5	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	-	7,2
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	7,1
32,4 cm Gesamtes Bauteil		9,15	-	231,1

## Luftfeuchtigkeit

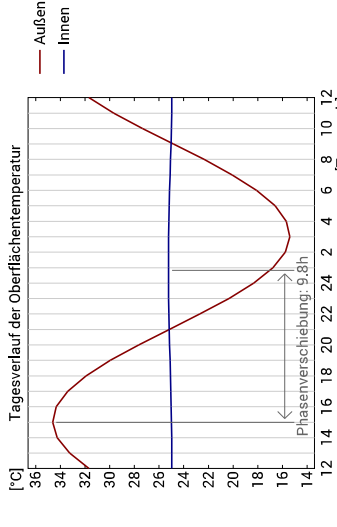
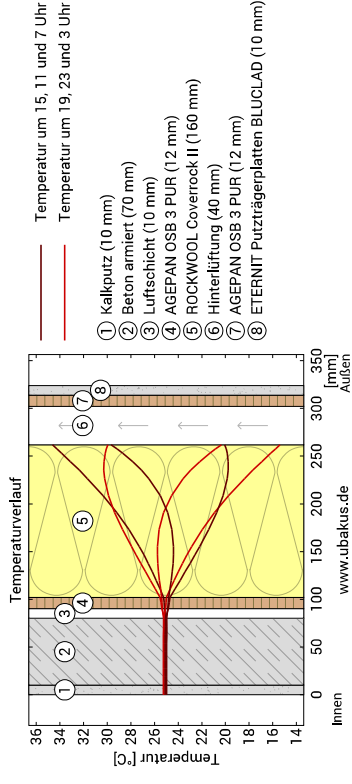
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	194 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	68,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	171 kJ/m²K
TAV***	0,015		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

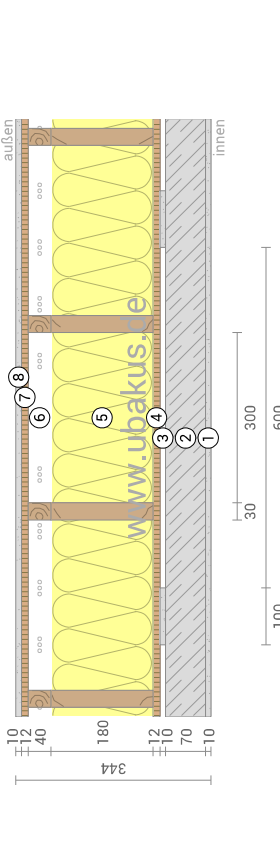
### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 75

Phasenverschiebung: 10,7 h

Wärmekapazität innen: 176 kJ/m²K

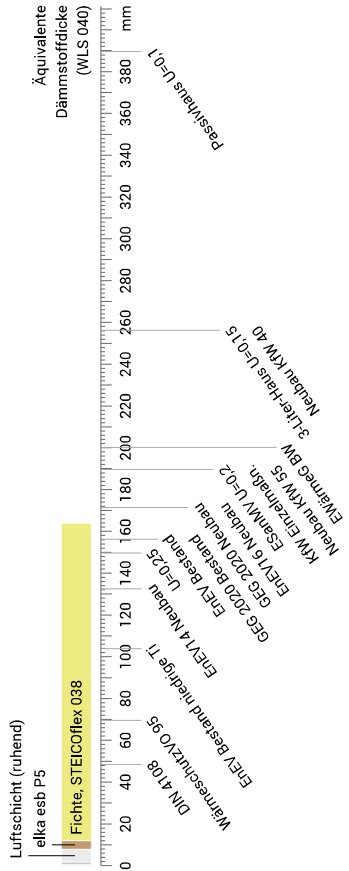
mangelhaft



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,8°C

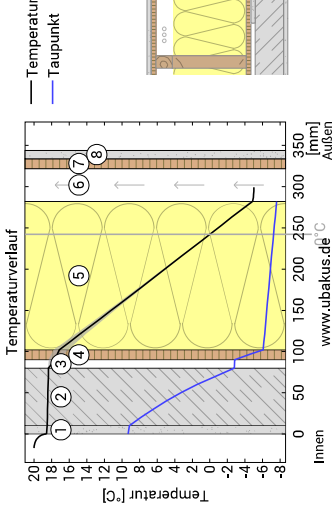
Dicke: 34,4 cm  
 Gewicht: 225 kg/m²  
 Wärmekapazität: 203 kJ/m²K

sd-Wert: 7,8 m



Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

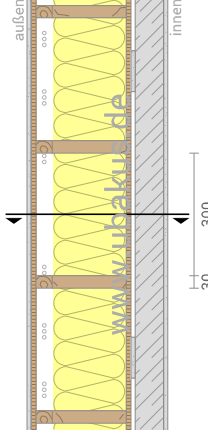
## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ Hinterlüftung (40 mm)
- ⑦ elka esb P5 (12 mm)
- ⑧ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD...

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,5	20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3	18,5	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1	18,4	0,0
<b>160,000</b>						
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,3	18,3	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,040	0,100	16,1	18,3	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,8	17,8	81
7	18 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,385	-4,6	16,2	8,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
6	4 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	1,2 cm elka esb P5			-5,0	-5,0	7,5
8	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD			-5,0	-5,0	13,0
<b>34,4 cm Gesamtes Bauteil</b>						
		4,344				

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 18,6°C 18,6°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,6°C

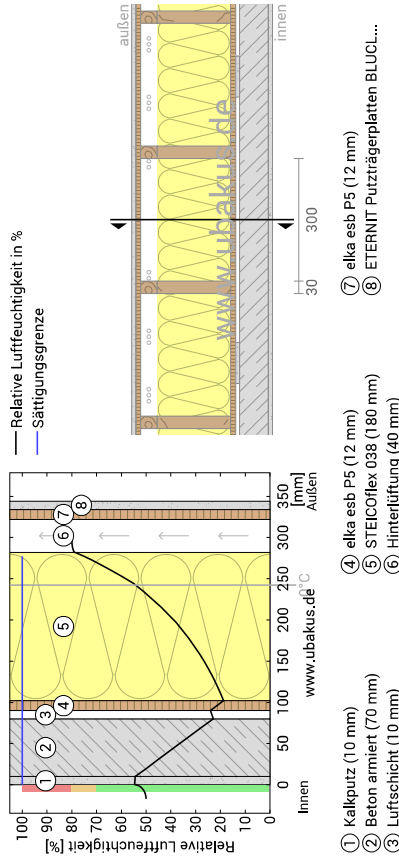
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	7,5
6	18 cm STEICOflex 038	0,36	-	8,1
7	18 cm Fichte (91%)	9,00	-	8,0
	34,4 cm Gesamtes Bauteil	7,81	-	225,5

## Luftfeuchtigkeit

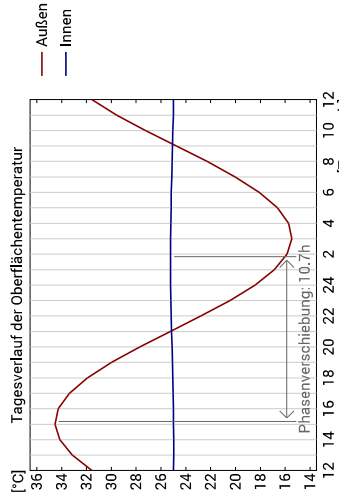
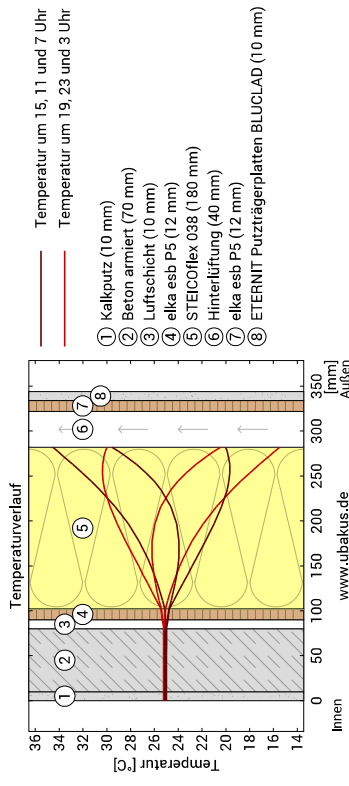
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	203 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	7,52	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	176 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.





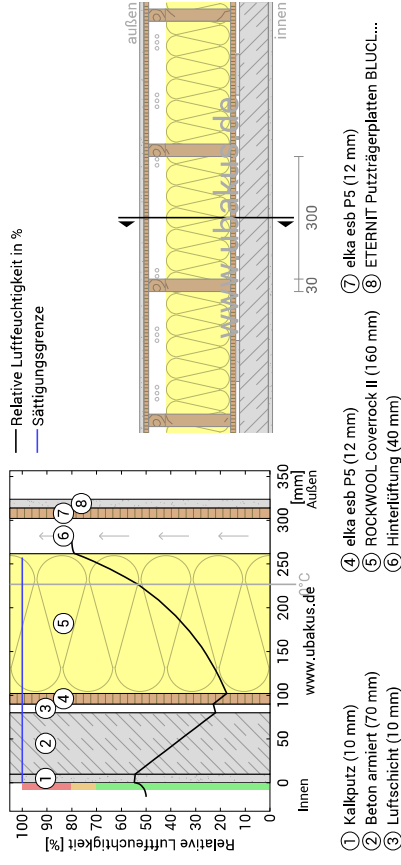
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
4	1 cm Aluminium (1,4%)	1500	-	-	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,96	-	-	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	-	-	15,1
7	16 cm Fichte (9,1%)	8,00	-	-	7,1
32,4 cm Gesamtes Bauteil					231,6

## Luftfeuchtigkeit

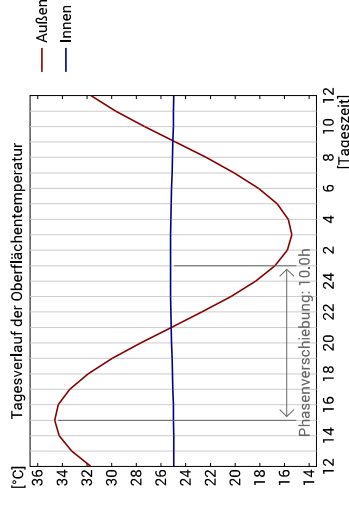
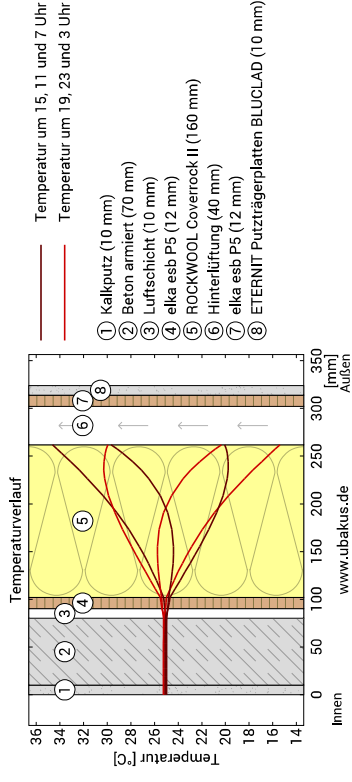
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,5 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,0 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	197 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	699	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	173 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

## Wandmodul Diplom

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

$U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

EnEV Bestand\*:  $U=0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



### Feuchteschutz

Feuchtegehalt Holz: +1,3%

Trocknet 22 Tage

Tauwasser: 99 g/m<sup>2</sup>

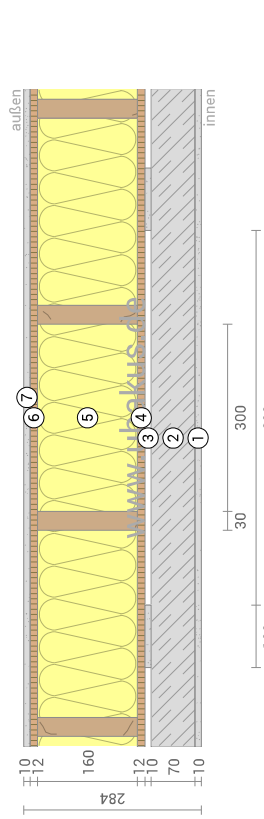


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 74

Phasenverschiebung: 10,3 h

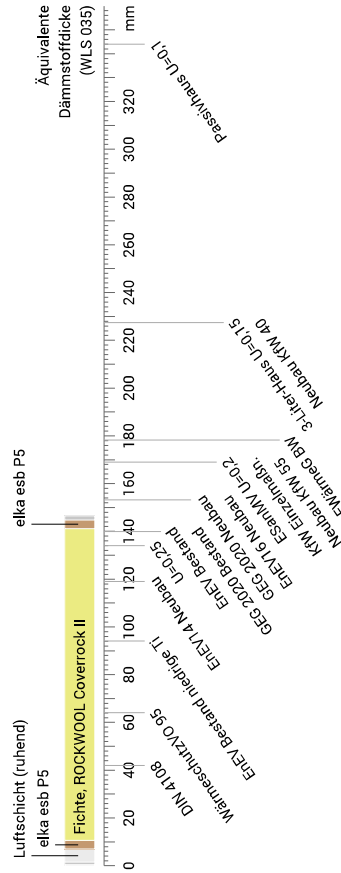
Wärmekapazität innen: 175 kJ/m<sup>2</sup>K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



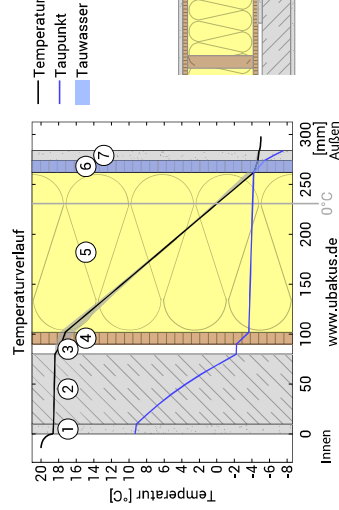
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

Dicke: 28,4 cm  
Gewicht: 230 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 225 kJ/m<sup>2</sup>K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom,  $U=0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

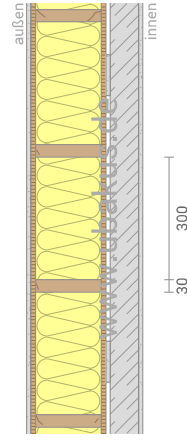
## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ elka esb P5 (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ elka esb P5 (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD

**Links:** Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Rechts:** Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6 20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5 18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,1 18,4	0,0
160.000					
4	1 cm Aluminium (1,4%)	0,120	0,000	18,4 18,4	4,6
5	1,2 cm elka esb P5	0,035	0,100	16,2 18,4	7,5
6	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,2 17,9	15,1
7	1,2 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-3,4 16,2	7,1
8	1,2 cm elka esb P5	0,120	0,100	-4,7 -3,4	7,5
9	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	0,300	0,033	-4,8 -4,4	13,0
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>					
10	28,4 cm Gesamtes Bauteil	4,341		-5,0 -4,7	223,8

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden  $R_{si}=0,25$  und  $R_{se}=0,04$  gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,099 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 22 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

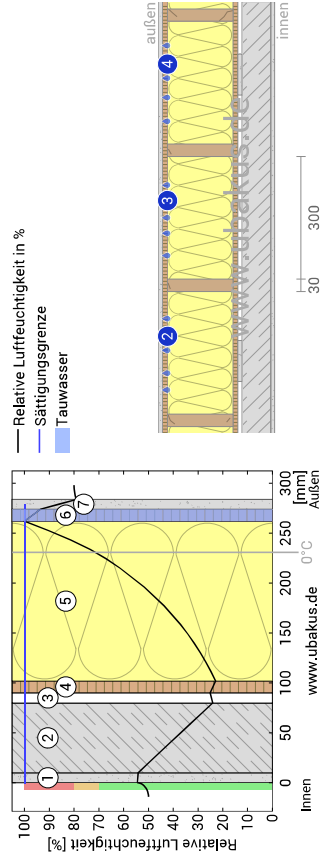
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	7,5
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,099	15,1
	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	7,1
6	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,099	7,5
7	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	1,43	-	13,0
	28,4 cm Gesamtes Bauteil	9,68	0,099	229,8

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,017 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,021 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,021 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

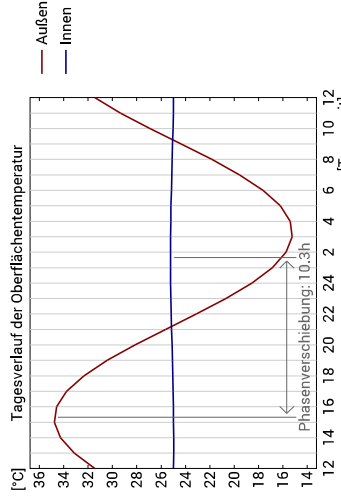
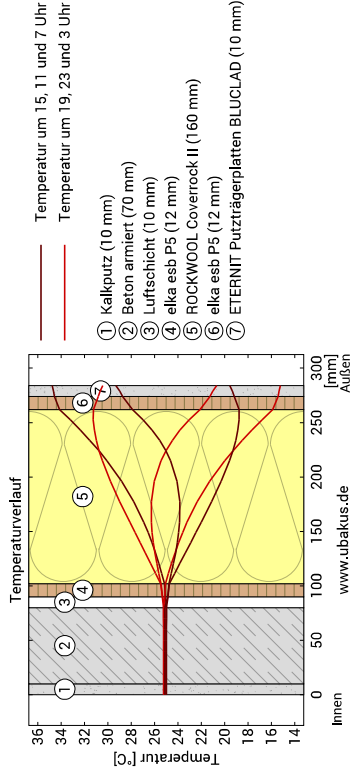


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD

Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	225 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	73,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	175 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



## Wandmodul Diplom

Äußenwand  
erstellt am 8.9.2021

### Wärmeschutz

$U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

EnEV Bestand\*:  $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



### Feuchteschutz

Trocknet 30 Tage

Feuchtegehalt Holz: +1,3%

Tauwasser: 92 g/m<sup>2</sup>

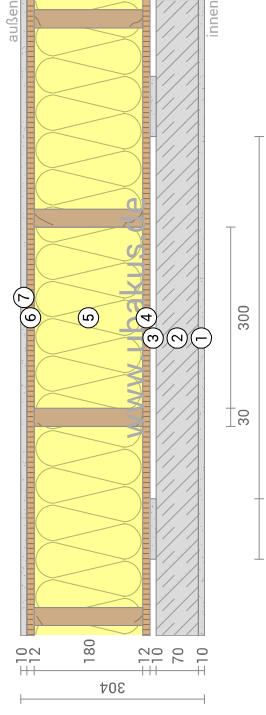


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 78

Phasenverschiebung: 11,2 h

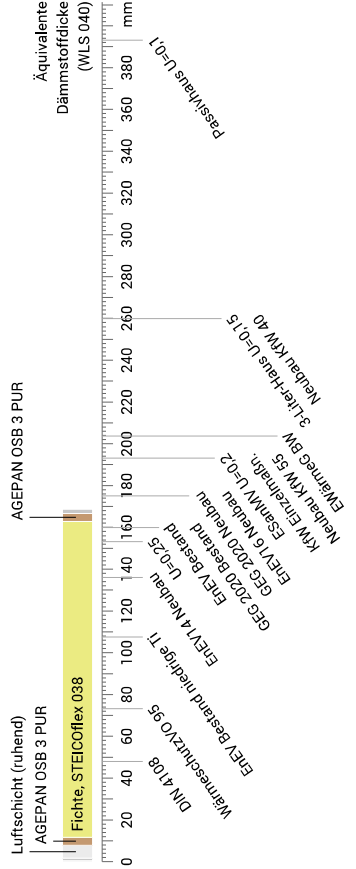
Wärmekapazität innen: 175 kJ/m<sup>2</sup>K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mk.



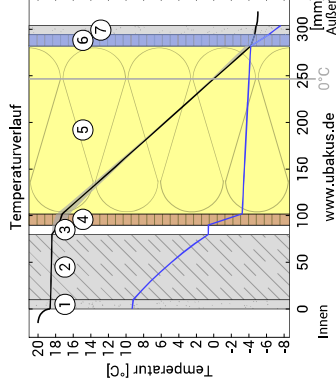
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

Dicke: 30,4 cm  
Gewicht: 223 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 225 kJ/m<sup>2</sup>K

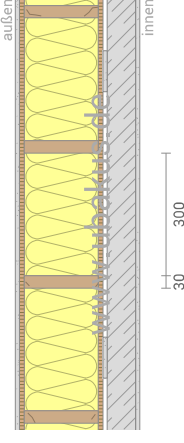
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Wandmodul Diplom,  $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ STEICOflex 038 (180 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD...



Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C] min max	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
Wärmeübergangswiderstand*					
1	1 cm Kalkputz	0,870	0,130	18,6 20,0	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,5 18,6	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,2 18,4	0,0
160,000					
1 cm Aluminium (1,4%)					
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,4 18,4	4,6
5	18 cm STEICOflex 038	0,040	4,500	-4,2 17,9	8,1
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	-3,6 16,4	8,0
7	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	0,300	0,033	-4,7 -3,6	7,2
Wärmeübergangswiderstand*					
30,4 cm Gesamtes Bauteil					
				4,370	223,2

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden  $R_{si}=0,25$  und  $R_{se}=0,04$  gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,092 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 30 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

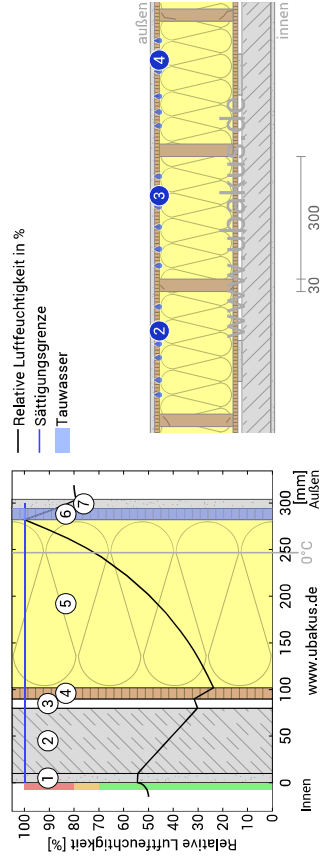
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,092	8,1
	18 cm Fichte (91%)	3,60	-	8,0
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	0,092	7,2
7	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	1,43	-	13,0
	30,4 cm Gesamtes Bauteil	12,98	0,092	223,2

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,016 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 2 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 3 Tauwasser: 0,024 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 4 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038
- 5 Tauwasser: 0,014 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

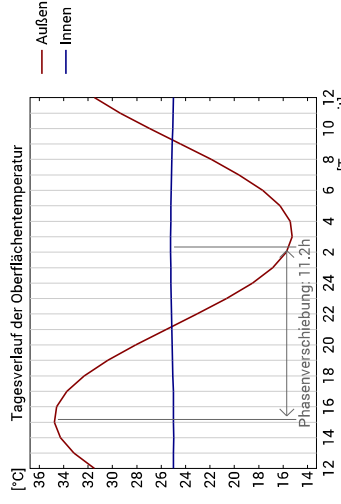
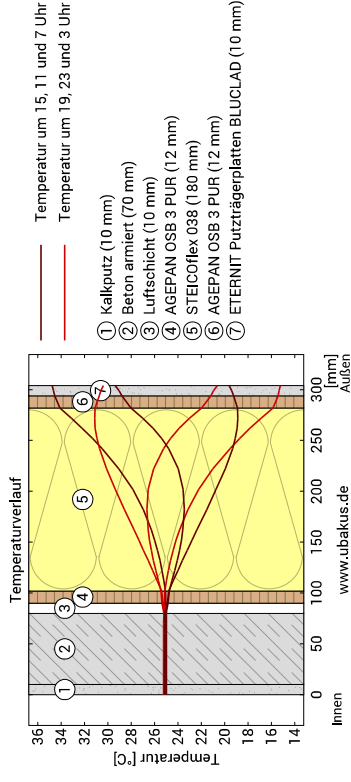


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 STEICOflex 038 (180 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD

Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	225 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	77,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	175 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



**Feuchteschutz**

Trocknet 31 Tage

Feuchtegehalt Holz: +1,3%

Tauwasser: 96 g/m²

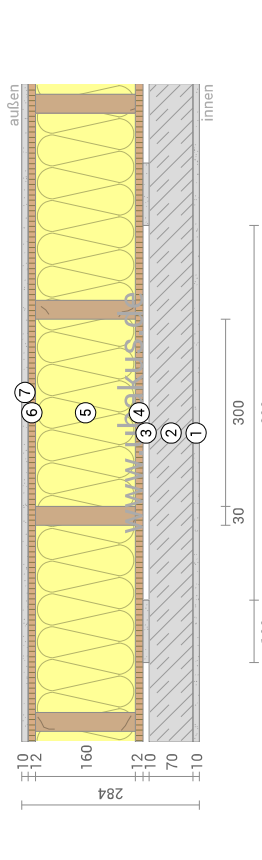


**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 71

Phasenverschiebung: 10,3 h

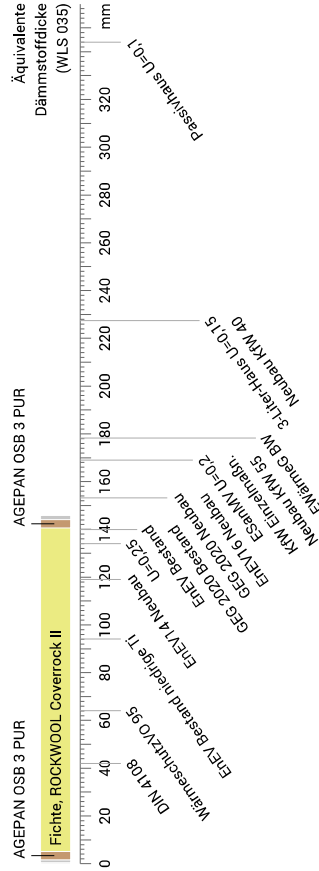
Wärmekapazität innen: 172 kJ/m²K



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD (10 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.

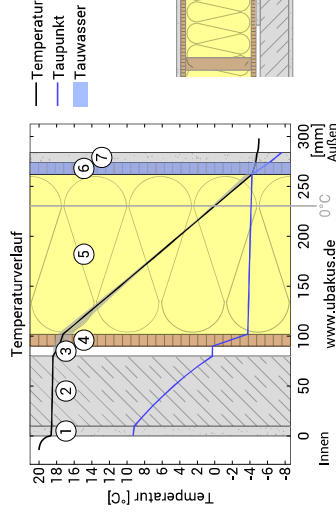


Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,6°C / -4,8°C

Dicke: 28,4 cm  
Gewicht: 229 kg/m²  
Wärmekapazität: 219 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (10 mm)
- ② Beton armiert (70 mm)
- ③ Luftschicht (10 mm)
- ④ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑤ ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- ⑥ AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- ⑦ ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	18,6	20,0	
2	1 cm Kalkputz	0,870	0,011	18,5	18,6	14,0
3	7 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,030	18,3	18,6	161,0
4	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,067	0,150	17,0	18,4	0,0
5	1 cm Aluminium (1,4%)	160,000	0,000	18,3	18,4	4,6
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	16,2	18,4	7,2
7	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,035	4,571	-4,2	17,9	15,1
8	16 cm Fichte (9,1%)	0,130	1,231	-3,5	16,3	7,1
9	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	0,130	0,092	-4,7	-3,5	7,2
10	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	0,300	0,033	-4,8	-4,4	13,0
11	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,7	
12	28,4 cm Gesamtes Bauteil		4,323			229,3

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,6°C 18,6°C 18,6°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,7°C

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,096 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 31 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

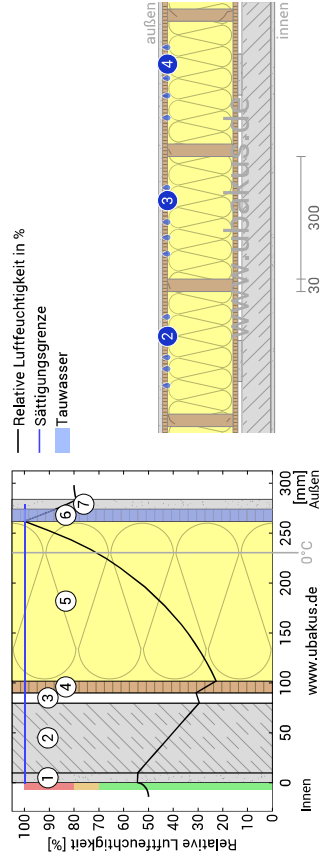
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m²]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	1,80	-	7,2
5	16 cm ROCKWOOL Coverrock II	0,16	0,097	15,1
	16 cm Fichte (9,1%)	3,20	-	7,1
6	1,2 cm AGEPAN OSB 3 PUR	2,40	0,097	7,2
7	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	1,43	1,3	13,0
	28,4 cm Gesamtes Bauteil	12,73	0,096	229,3

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,016 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 2 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 3 Tauwasser: 0,025 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 4 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II
- 5 Tauwasser: 0,015 kg/m² Betroffene Schichten: AGEPAN OSB 3 PUR, ROCKWOOL Coverrock II

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



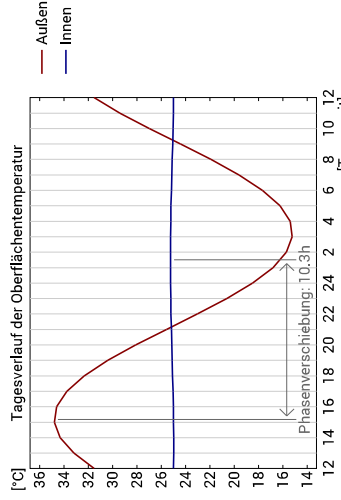
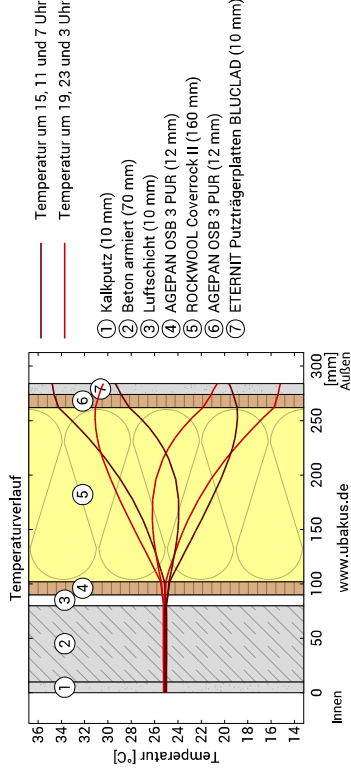
- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 5 ROCKWOOL Coverrock II (160 mm)
- 6 AGEPAN OSB 3 PUR (12 mm)
- 7 ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD

Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Wandmodul Diplom, U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	10,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	219 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	71,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	172 kJ/m²K
TAV***	0,014		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.





## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,093 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 21 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

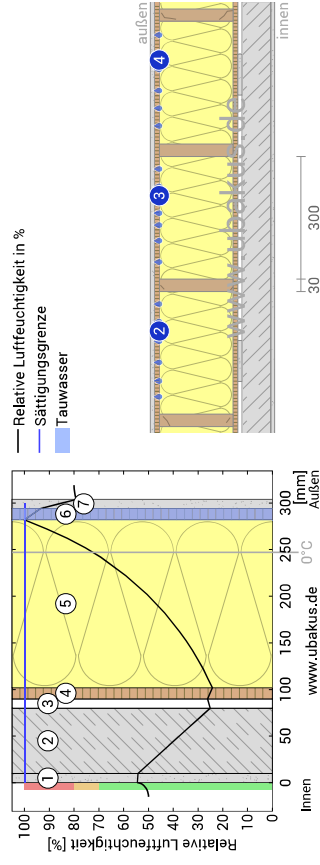
#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	1 cm Kalkputz	0,10	-	14,0
2	7 cm Beton armiert (1%)	5,60	-	161,0
3	1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	1 cm Aluminium (1,4%)	15,00	-	4,6
4	1,2 cm elka esb P5	0,48	-	7,5
5	18 cm STEICOflex 038	0,36	0,093	8,1
6	18 cm Fichte (9,1%)	3,60	-	8,0
	1,2 cm elka esb P5	0,96	0,093	7,5
7	1 cm ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD	1,43	-	13,0
	30,4 cm Gesamtes Bauteil	9,94	0,093	223,7

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,016 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 2 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 3 Tauwasser: 0,024 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 4 Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038
- 5 Tauwasser: 0,014 kg/m² Betroffene Schichten: elka esb P5, STEICOflex 038

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

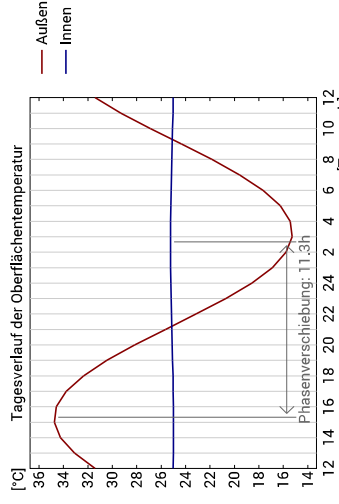
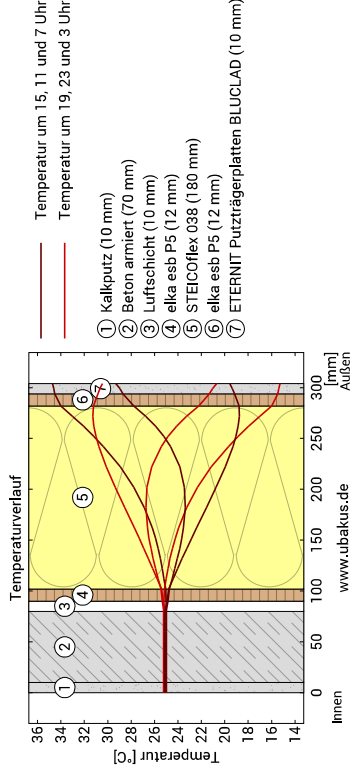


- 1 Kalkputz (10 mm)
- 2 Beton armiert (70 mm)
- 3 Luftschicht (10 mm)
- 4 elka esb P5 (12 mm)
- 5 STEICOflex 038 (180 mm)
- 6 elka esb P5 (12 mm)
- 7 ETERNIT Putzträgerplatten BLUCLAD...

Hinweis: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	11,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	230 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	79,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	178 kJ/m²K
TAV***	0,013		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 2-4-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



AW1

Alle Angaben ohne Gewähr

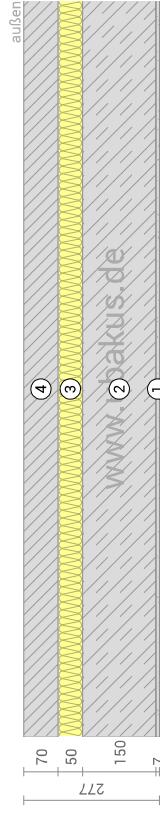
Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**  
 $U = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Feuchteschutz**  
Trocknet 36 Tage  
Tauwasser: 60 g/m<sup>2</sup>

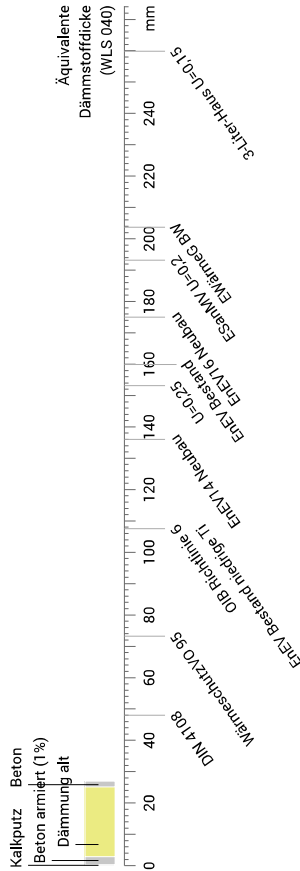
**Hitzeschutz**  
Temperaturamplitudendämpfung: 14  
Phasenverschiebung: 7,5 h  
Wärmekapazität innen: 264 kJ/m<sup>2</sup>K

EnEV Bestand\*:  $U=0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mk.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 16,1°C / -3,8°C

Dicke: 27,7 cm  
Gewicht: 527 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 478 kJ/m<sup>2</sup>K

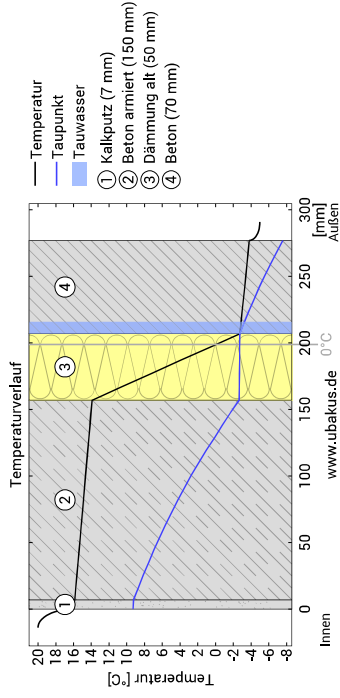
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



AW1,  $U=1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Alle Angaben ohne Gewähr

**Temperaturverlauf**



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> ·K/W]	Temperatur [°C] min / max	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	16,1 / 20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	15,9 / 16,1	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	13,9 / 15,9	345,0
4	5 cm Dämmung alt	0,090	0,556	-2,8 / 13,9	4,5
4	7 cm Beton	2,000	0,035	-3,8 / -2,8	168,0
Wärmeübergangswiderstand*			0,040	-5,0 / -3,8	
27,7 cm Gesamtes Bauteil			0,834		527,3

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 16,1°C / 16,1°C / 16,1°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -3,8°C / -3,8°C / -3,8°C

AW1, U=1,20 W/(m²K)

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,059 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 36 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

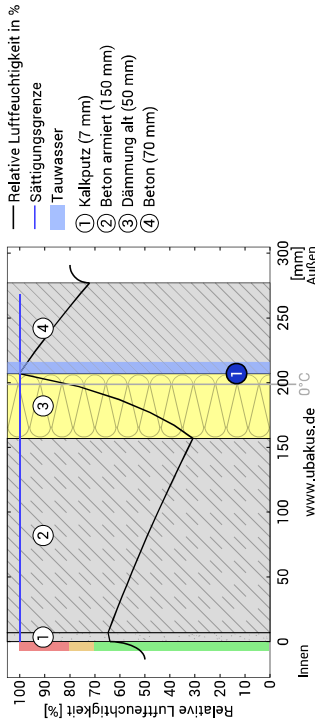
#	Material	s <sub>d</sub> -Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gev.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,05	0,059	0,059	4,5
4	7 cm Beton	9,10	0,059	0,059	168,0
	27,7 cm Gesamtes Bauteil	21,22	0,059	0,059	527,3

## Tauwassererebenen

- 1 Tauwasser: 0,06 kg/m² Betroffene Schichten: Beton, Dämmung alt

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 16,1 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 64% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

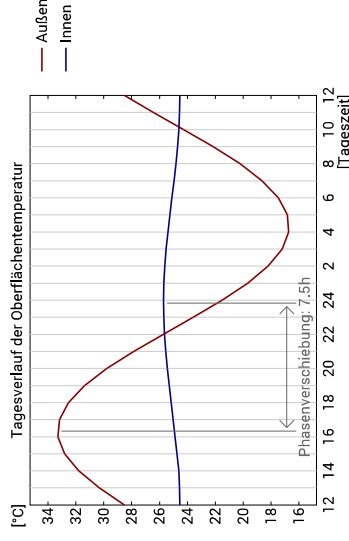
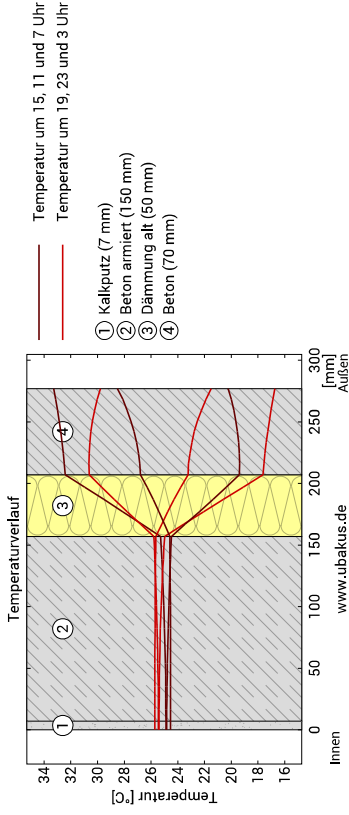


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW1, U=1,20 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	478 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	14,1	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	264 kJ/m²K
TAV***	0,071		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.





AW1

Wärmeschutz

U = 1,13 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

sehr gut mangelhaft

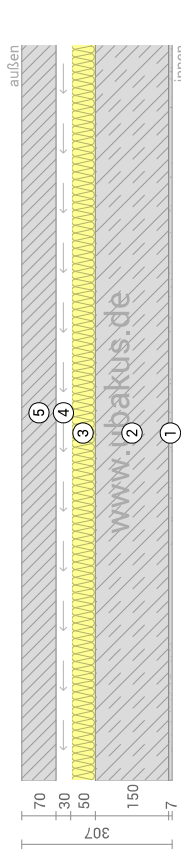
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 13

Phasenverschiebung: 6,8 h

Wärmekapazität innen: 250 kJ/m²K

sehr gut mangelhaft



① Kalkputz (7 mm) ⑤ Beton (70 mm)

② Beton armiert (150 mm) ③ Dämmung alt (50 mm)

④ Hinterlüftung (30 mm)

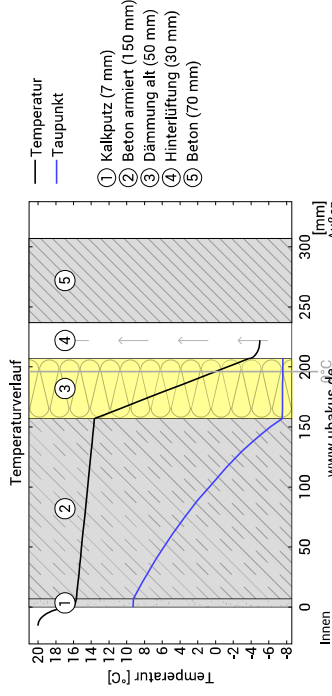
Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020



AW1, U=1,13 W/(m²K)

Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	15,9	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	15,7	15,9	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	13,6	15,7	345,0
4	5 cm Dämmung alt	0,090	0,556	-3,7	13,6	4,5
5	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	-5,0	-3,7	
6	7 cm Hinterlüftung (Außenlüft)			-5,0	-5,0	0,0
7	7 cm Beton			-5,0	-5,0	168,0
	30,7 cm Gesamtes Bauteil		0,889			527,3

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmensseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 15,9°C 15,9°C 15,9°C

Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -3,7°C -3,7°C -3,7°C

Raumluft: 20,0°C / 50%

Außenluft: -5,0°C / 80%

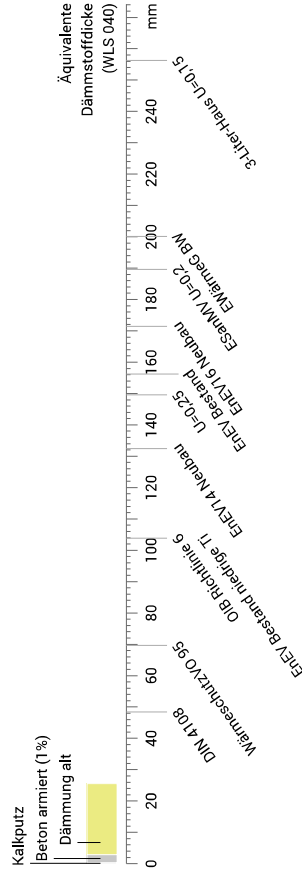
Oberflächentemp.: 15,9°C / -3,7°C

sd-Wert: 19,6 m

Dicke: 30,7 cm  
Gewicht: 527 kg/m²  
Wärmekapazität: 318 kJ/m²K

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



AW1, U=1,13 W/(m²K)

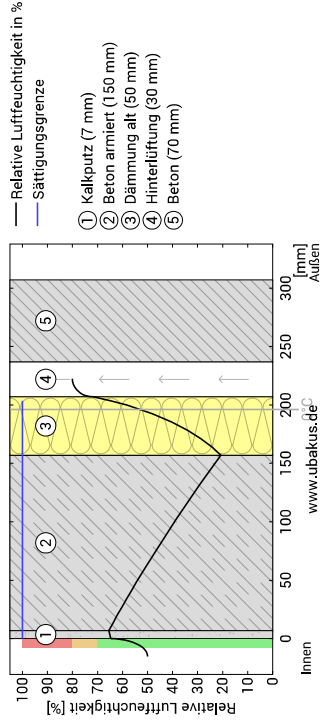
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermergen wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	19,50	-	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,05	-	4,5
	30,7 cm Gesamtes Bauteil	19,62		527,3

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 15,9 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 66% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

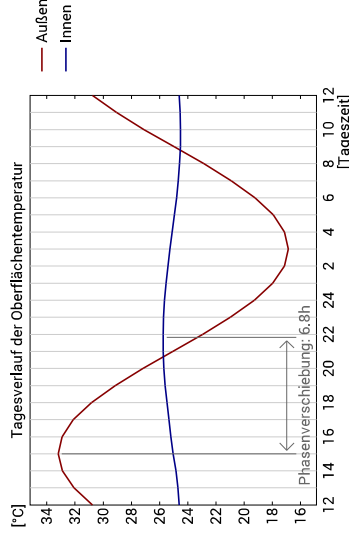
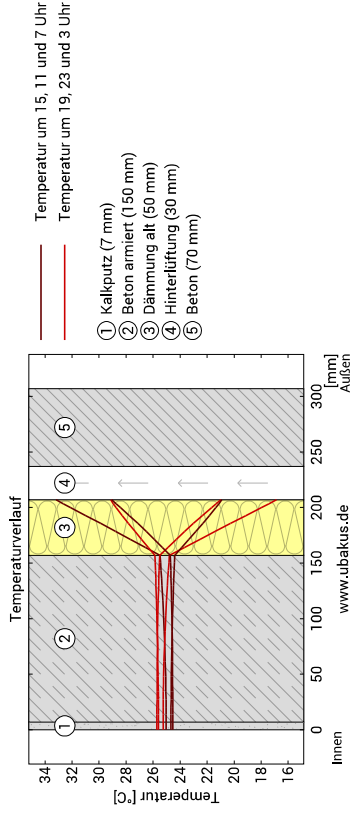
Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Verf-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Dienstleistung Schaden entstehen, so haftet der Dienstleister nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Dienstleisters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter <http://www.ubakus.de>

AW1, U=1,13 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	6,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	318 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	1,32	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	250 kJ/m²K
TAV***	0,076		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



AWI\_Holzfaser (hart), U=0,23 W/(m²K)

## Feuchteschutz

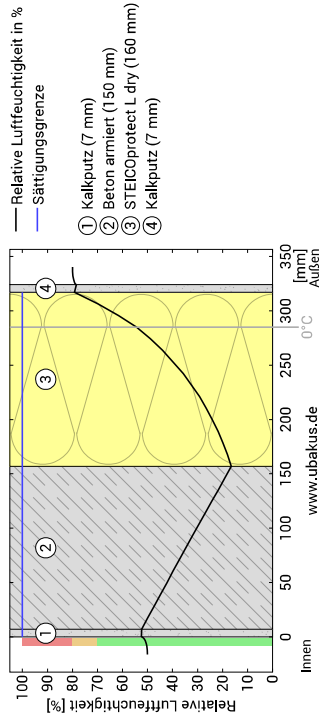
Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	16 cm STEICOprotect L dry	0,48	-	-	17,6
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
	32,4 cm Gesamtes Bauteil	12,62			382,2

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

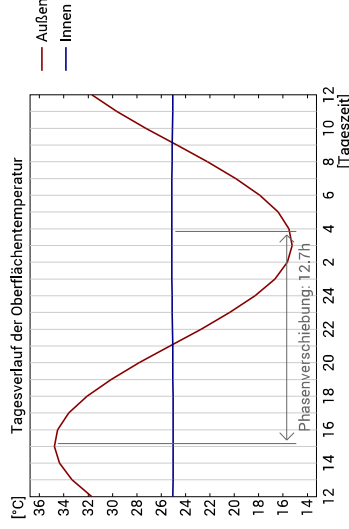
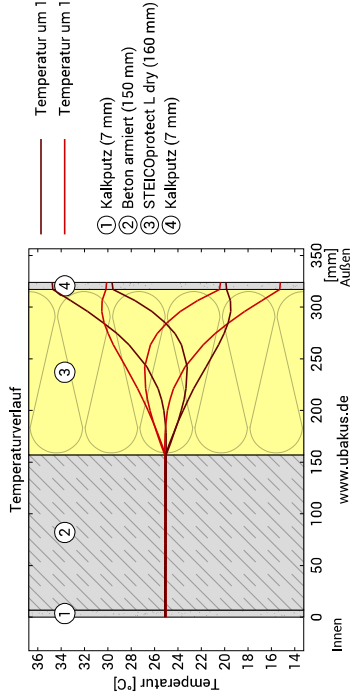
Gewerliche Nutzung nur mit Plus-, PFD- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Dienstleistung Schaden entstehen, so haftet der Dienstleister nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Dienstleisters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de/agb

AWI\_Holzfaser (hart), U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	360 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	321 kJ/m²K
TAV***	0,006		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwellen beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



**AW1\_Holz\_Lattung**

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



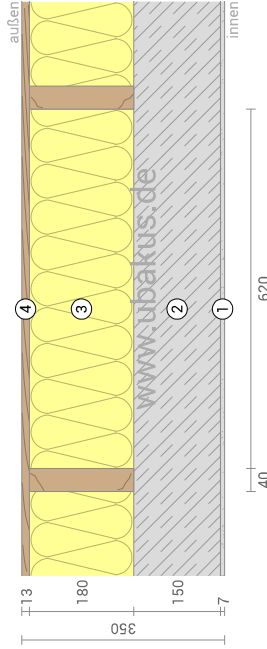
**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser



**Hitzeschutz**

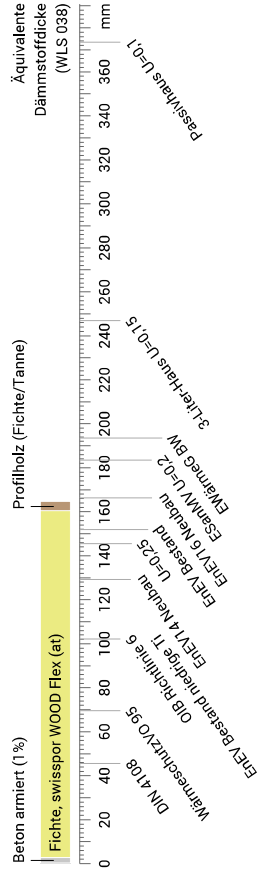
Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 316 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ swisspor WOOD Flex (180 mm)
- ④ Profilholz (13 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK.



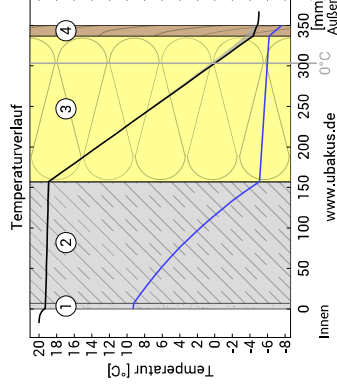
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,3°C / -4,8°C

Dicke: 35,0 cm  
Gewicht: 374 kg/m²  
Wärmekapazität: 348 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

AW1\_Holz\_Lattung, U=0,22 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ swisspor WOOD Flex (180 mm)
- ④ Profilholz (13 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]	Gewicht [kg/m²]
				min	max
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,3	20,0
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,7	19,3
4	18 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,038	4,737	-4,3	18,9
	18 cm Fichte (6,1%)	0,130	1,385	-3,4	18,7
	1,3 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,093	-4,8	-3,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,5
	35 cm Gesamtes Bauteil		4,489		

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C / 19,3°C / -4,5°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,5°C

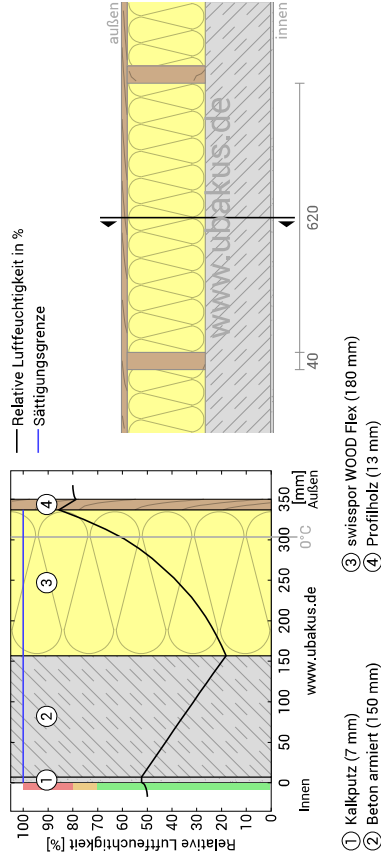
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	18 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,54	-	-	8,5
3	18 cm Fichte (6,1%)	3,60	-	-	4,9
4	1,3 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,65	-	-	5,8
4	35 cm Gesamtes Bauteil	13,38	-	-	374,0

## Luftfeuchtigkeit

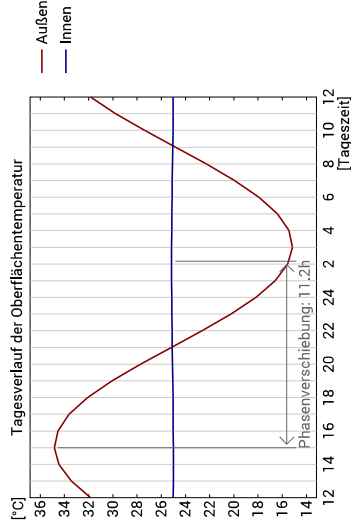
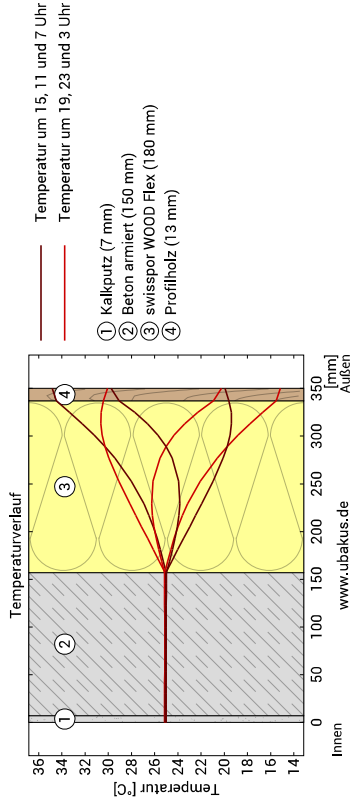
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	348 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	316 kJ/m²K
TAV***	0,007		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



AW1\_Vorlege+Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)

## Feuchteschutz

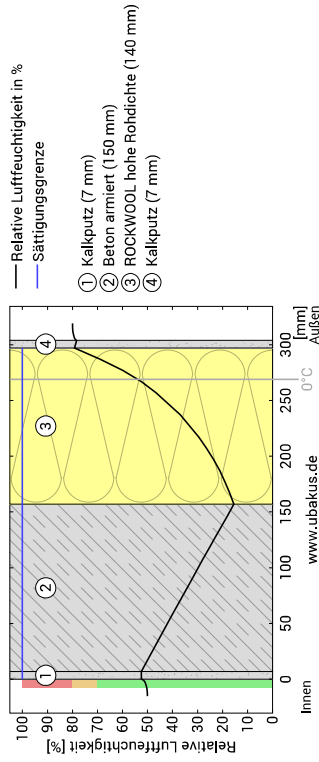
Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,14	-	-	21,7
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
30,4 cm Gesamtes Bauteil					386,3

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



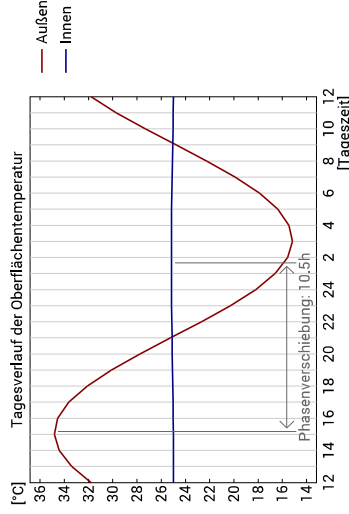
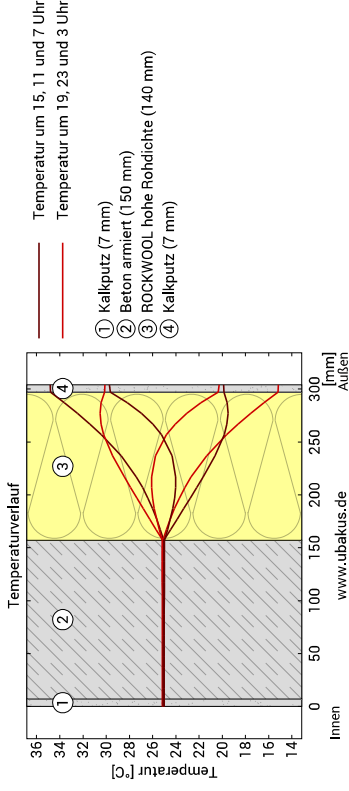
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

AW1\_Vorlege+Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	345 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	313 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



**AW1\_Holzfaser (hart)**

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser

sehr gut

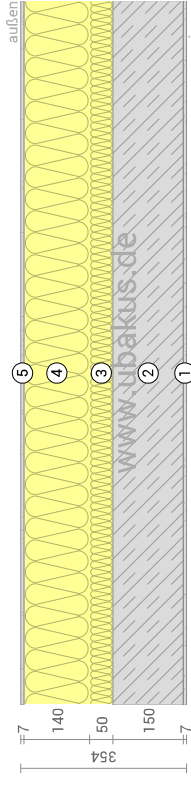
**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

Wärmekapazität innen: 321 kJ/m²K

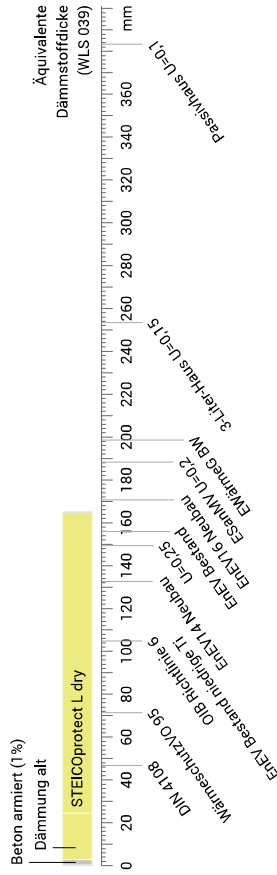
mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ STEICOprotect L dry (140 mm)
- ④ Dämmung alt (50 mm)
- ⑤ Kalkputz (7 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,039 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 19,3°C / -4,8°C

sd-Wert: 12,6 m

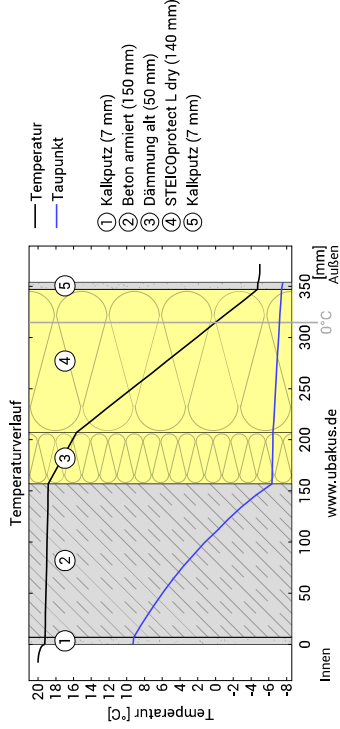
Dicke: 35,4 cm  
 Gewicht: 384 kg/m²  
 Wärmekapazität: 360 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

Alle Angaben ohne Gewähr

AW1\_Holzfaser (hart), U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,3	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,8	19,2	345,0
4	5 cm Dämmung alt	0,090	0,556	15,7	18,8	4,5
5	14 cm STEICOprotect L dry	0,039	3,590	-4,7	15,7	15,4
6	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	35,4 cm Gesamtes Bauteil		4,397			384,5

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmenseite.  
 Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C / 19,3°C / -4,8°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

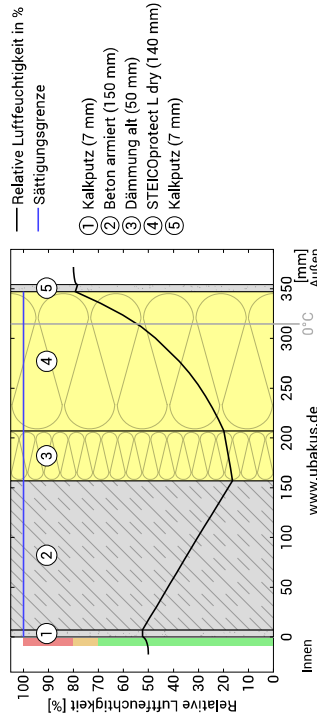
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,05	-	4,5
4	14 cm STEICOprotect L dry	0,42	-	15,4
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
35,4 cm Gesamtes Bauteil		12,61	-	384,5

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

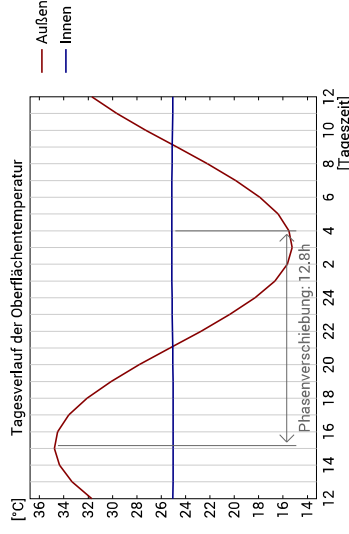
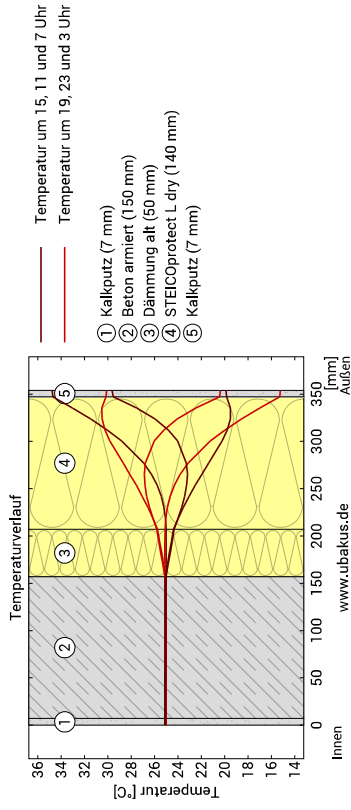


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Print-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	360 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	321 kJ/m²K
TAV***	0,006		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Print-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

**AW3\_Vorlage**

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**

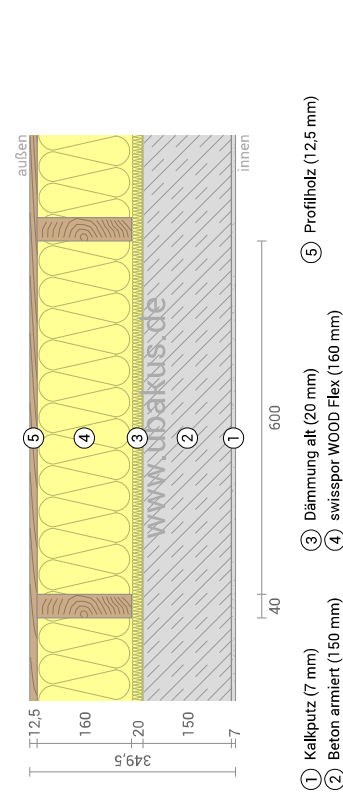
U = 0,23 W/(m²K)

**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**

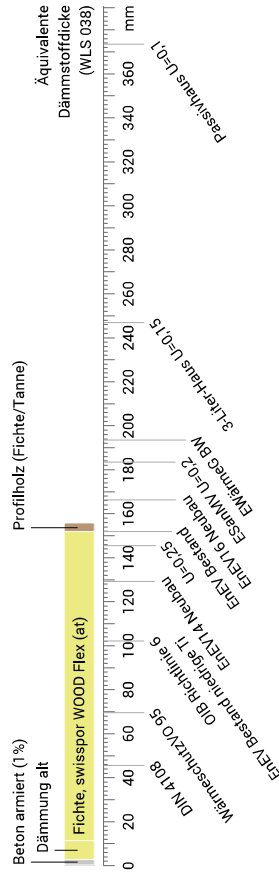
Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 315 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ swisspor WOOD Flex (160 mm)
- ⑤ Profilholz (12,5 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmeübergangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

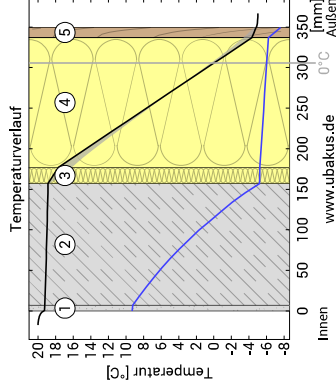
Dicke: 35,0 cm  
Gewicht: 374 kg/m²  
Wärmekapazität: 347 kJ/m²K

sd-Wert: 13,3 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ swisspor WOOD Flex (160 mm)
- ⑤ Profilholz (12,5 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.  
Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	R	Temperatur [°C]	Gewicht [kg/m²]
					min	max
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130		19,2	20,0
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008		19,2	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065		18,7	345,0
4	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222		16,1	1,8
5	16 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,038	4,211		-4,3	17,7
	16 cm Fichte (6,2%)	0,130	1,231		-3,4	16,5
	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,089		-4,8	-3,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040		-5,0	-4,5
	34,95 cm Gesamtes Bauteil		4,258			374,2

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,3°C 19,2°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

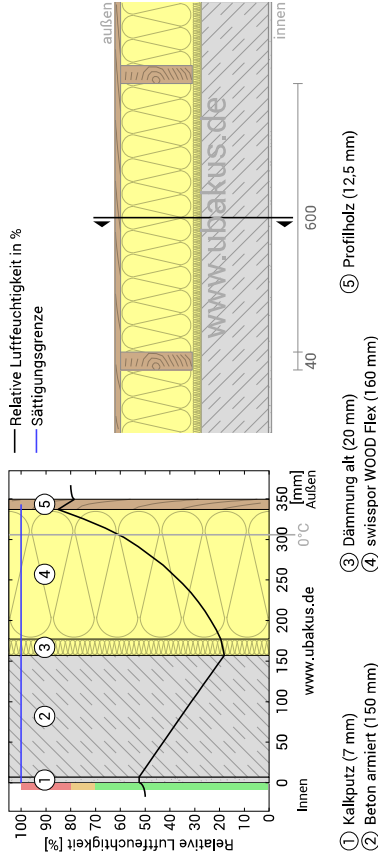
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	1,8
4	16 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,48	-	7,5
5	16 cm Fichte (6,2%)	3,20	-	4,5
5	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,63	-	5,6
	34,95 cm Gesamtes Bauteil	13,30	-	374,2

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

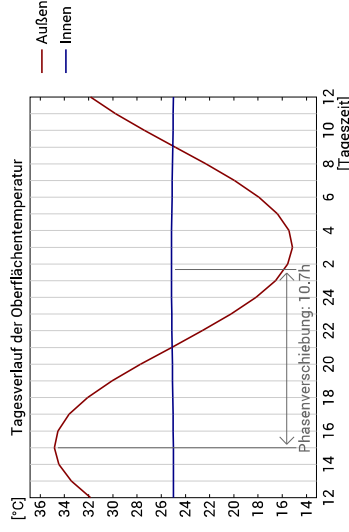
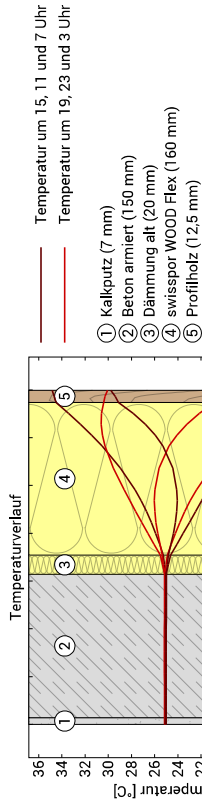


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	347 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	315 kJ/m²K
TAV***	0,008		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.





### AW1\_Vorlage+Steinwolle

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

#### Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

#### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

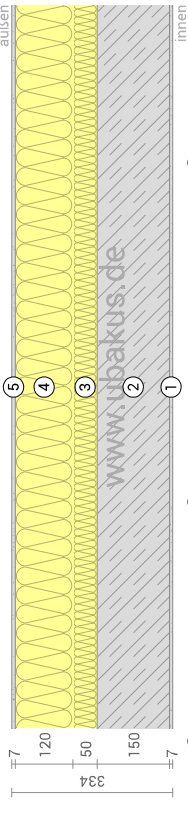
#### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

Wärmekapazität innen: 314 kJ/m²K

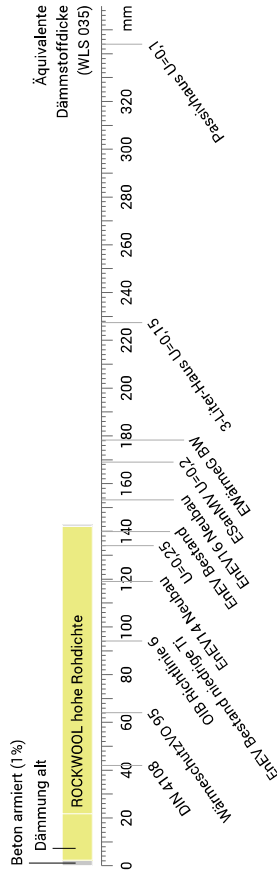
mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ Dämmung alt (50 mm)
- ④ ROCKWOOL hohe Rohdichte (120 mm)
- ⑤ Kalkputz (7 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

sd-Wert: 12,3 m

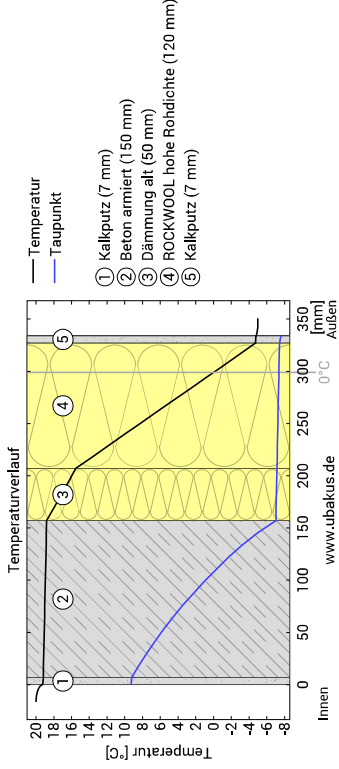
Dicke: 33,4 cm  
 Gewicht: 388 kg/m²  
 Wärmekapazität: 346 kJ/m²K



Alle Angaben ohne Gewähr

AW1\_Vorlage+Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,130	19,2	20,0	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,8	19,2	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,090	0,556	15,5	18,8	4,5
4	12 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	3,429	-4,7	15,5	18,6
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,040	-4,8	-4,7	9,8
33,4 cm Gesamtes Bauteil			4,235			387,7

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C -4,8°C 19,2°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

## Feuchteschutz

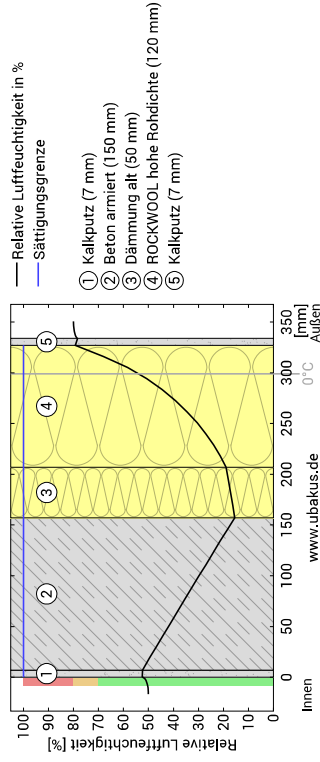
Für die Berechnung der Tauwassermergen wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]	
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8	
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0	
3	5 cm Dämmung alt	0,05	-	-	4,5	
4	12 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,12	-	-	18,6	
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8	
33,4 cm Gesamtes Bauteil					12,31	387,7

## Luftfeuchtigkeit

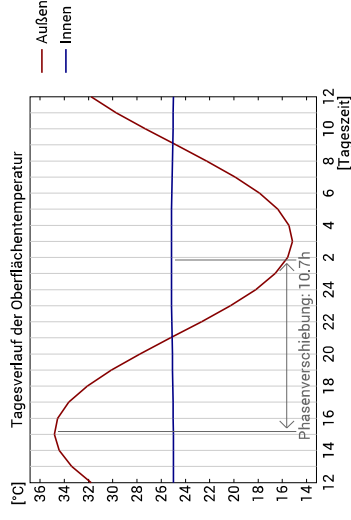
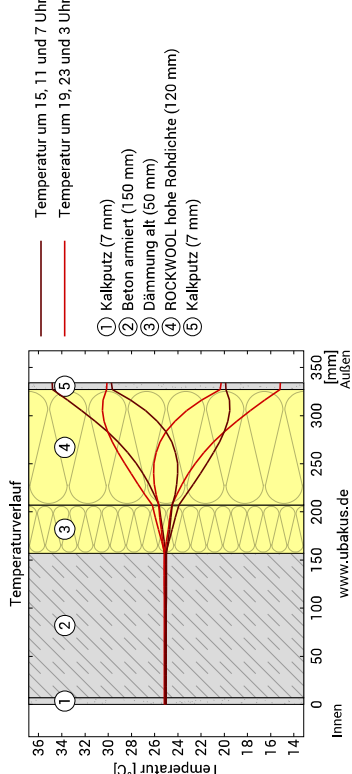
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	346 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	314 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
 \*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
 \*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



### AW1\_Vorlage+Steinwolle

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

#### Wärmeschutz

U = 0,21 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

#### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

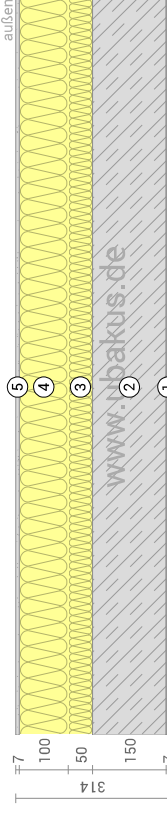
#### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

Wärmekapazität innen: 309 kJ/m²K

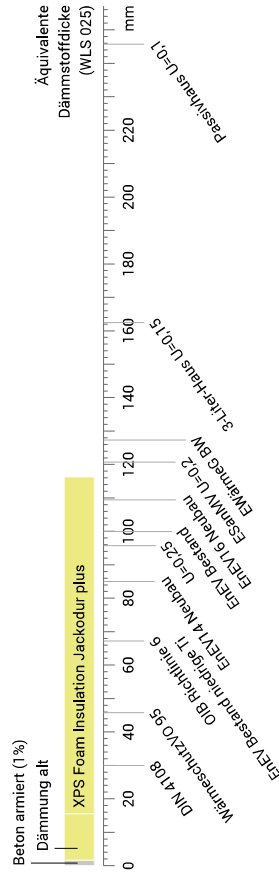
mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ Dämmung alt (50 mm)
- ④ XPS Foam Insulation Jackodor plus (100 mm)
- ⑤ Kalkputz (7 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,025 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 19,3°C / -4,8°C

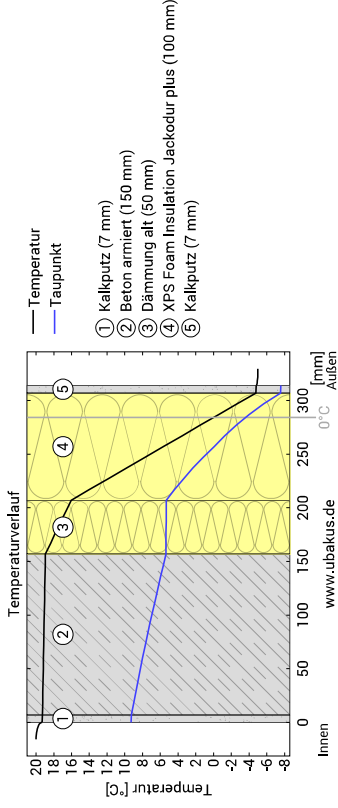
Dicke: 31,4 cm  
 Gewicht: 372 kg/m²  
 Wärmekapazität: 332 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



AW1\_Vorlage+Steinwolle, U=0,21 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min / max	Gewicht [kg/m²]
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,130	19,3 / 20,0	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,9 / 19,3	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,090	0,556	16,1 / 18,9	4,5
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodor plus	0,025	4,000	-4,8 / 16,1	3,0
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8 / -4,8	9,8
Wärmeübergangswiderstand*			0,040	-5,0 / -4,8	
31,4 cm Gesamtes Bauteil			4,807		372,1

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmenseite.  
 Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C / -4,8°C / -4,8°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

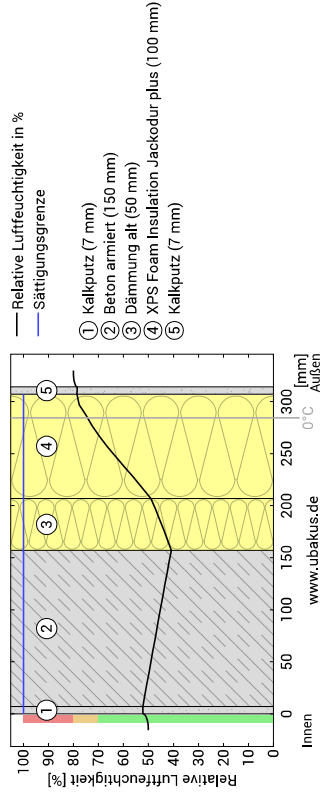
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	5 cm Dämmung alt	0,05	-	-	4,5
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	25,00	-	-	3,0
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	37,19			372,1

## Luftfeuchtigkeit

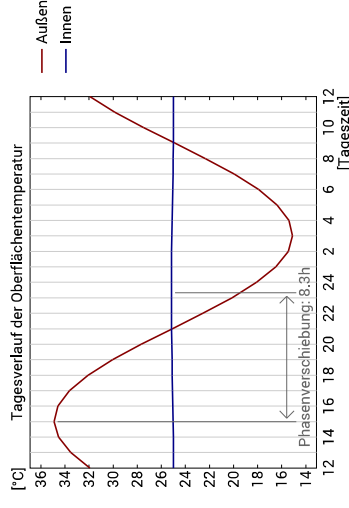
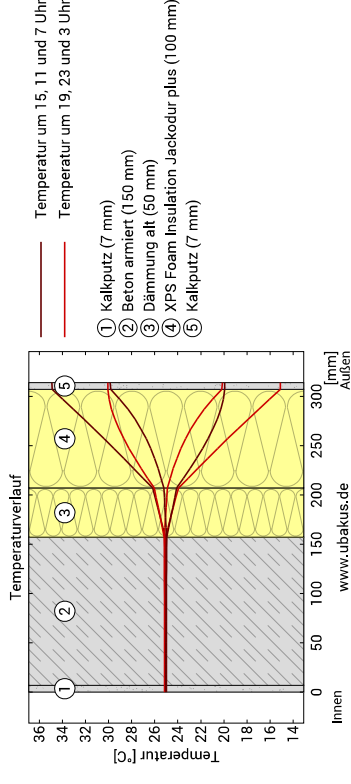
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	332 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	309 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwellen beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.





**AW1\_Vorlage+Steinwolle**

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)



**Feuchteschutz**

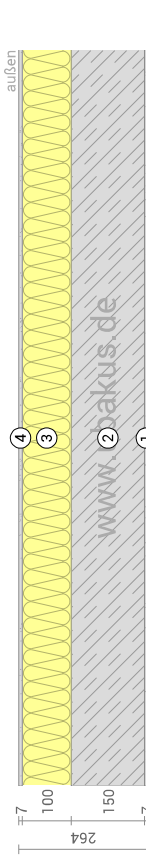
Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: 93

Phasenverschiebung: 7,7 h

Wärmekapazität innen: 303 kJ/m²K

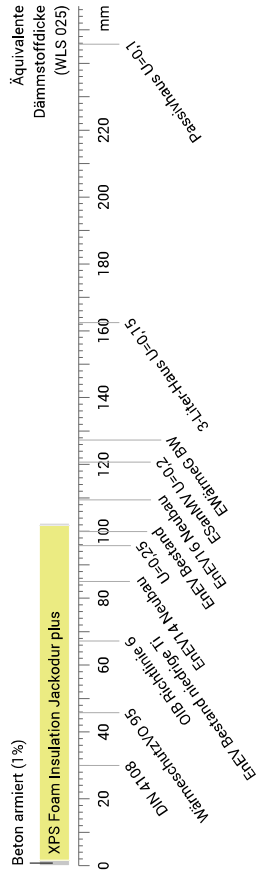


- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ XPS Foam Insulation Jackodor plus (100 mm)
- ④ Kalkputz (7 mm)

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,025 W/mK.



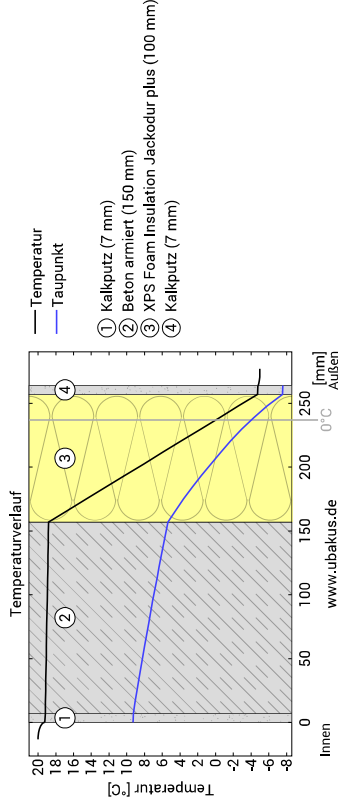
Raumluft:	20,0°C / 50%	Dicke:	26,4 cm
Außenluft:	-5,0°C / 80%	Gewicht:	368 kg/m²
Oberflächentemp.:	19,2°C / -4,8°C	sd-Wert:	37,1 m
		Wärmekapazität:	327 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



**AW1\_Vorlage+Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)**

**Temperaturverlauf**



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,2	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,2	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,8	19,2	345,0
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodor plus	0,025	4,000	-4,7	18,8	3,0
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
6	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
7	26,4 cm Gesamtes Bauteil		4,251			367,6

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,2°C 19,2°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

AW1\_Vorlege-Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)

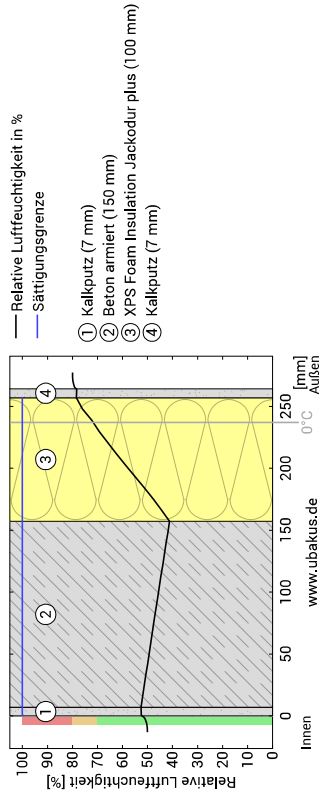
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	25,00	-	3,0
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
	26,4 cm Gesamtes Bauteil	37,14		367,6

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

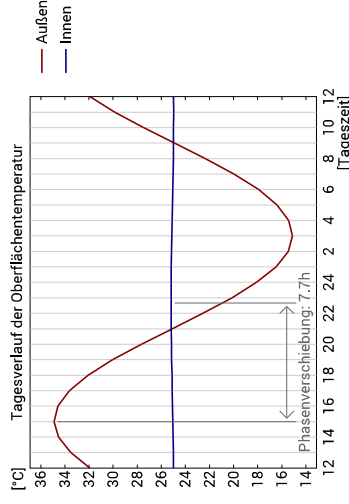
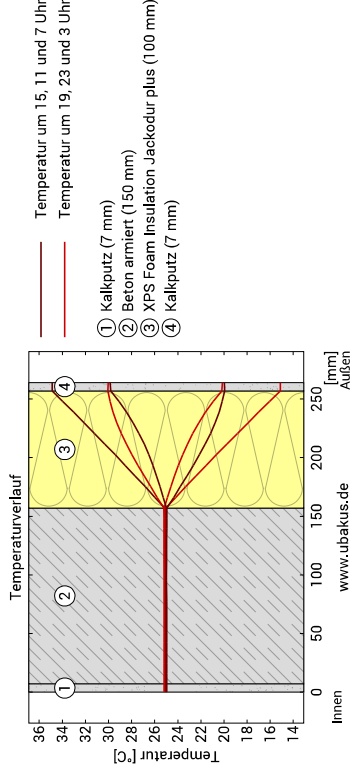


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW1\_Vorlege-Steinwolle, U=0,24 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	327 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	93,5	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	303 kJ/m²K
TAV***	0,011		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Inhalte ein Schaden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

**Wärmeschutz**

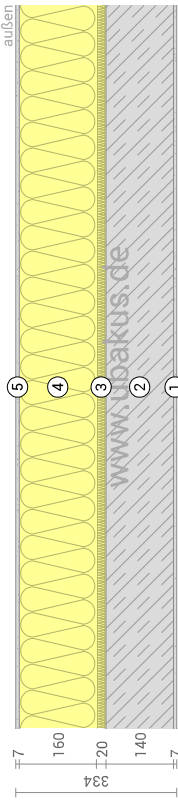
U = 0,22 W/(m²K)

**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**

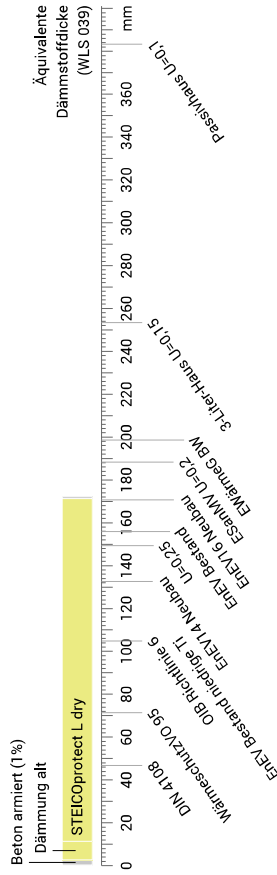
Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 303 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ STEICOprotect L dry (160 mm)
- ⑤ Kalkputz (7 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,039 W/mK.

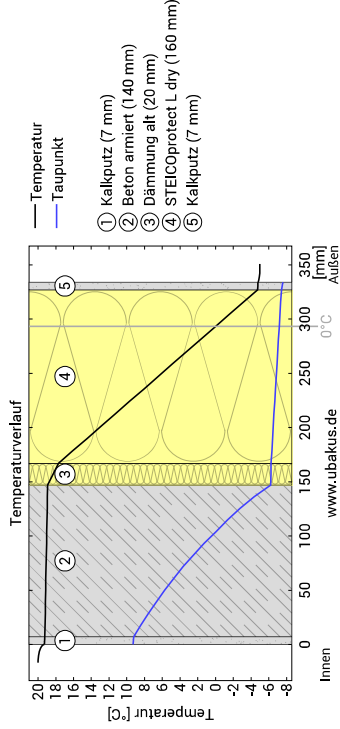


Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,3°C / -4,8°C

Dicke: 33,4 cm  
Gewicht: 361 kg/m²  
Wärmekapazität: 342 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENIEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

**Temperaturverlauf**



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,3	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,9	19,2	322,0
4	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222	17,7	18,9	1,8
5	16 cm STEICOprotect L dry	0,039	4,103	-4,7	17,7	17,6
6	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	33,4 cm Gesamtes Bauteil		4,572			361,0

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.  
Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C / 19,3°C / -4,8°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:

innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

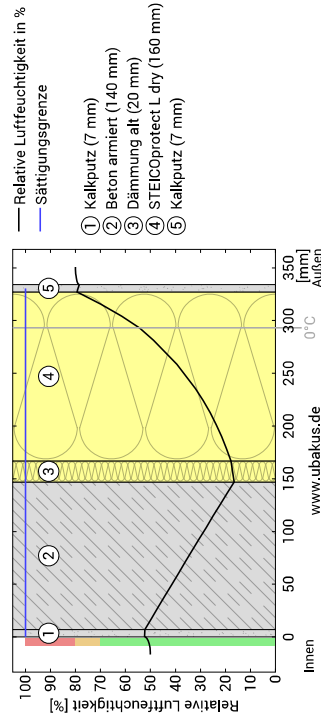
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	1,8
4	16 cm STEICOprotect L dry	0,48	-	17,6
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
33,4 cm Gesamtes Bauteil		11,84	-	361,0

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

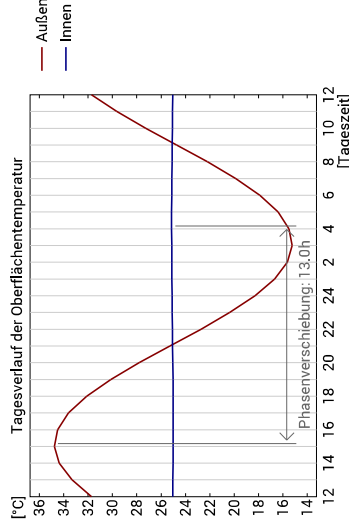
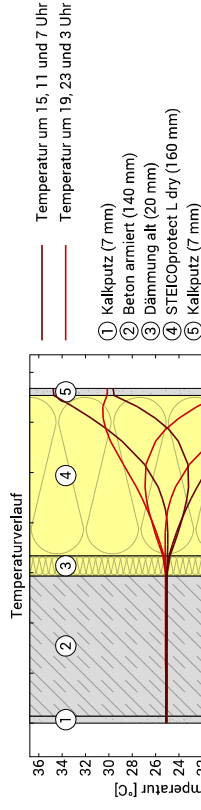
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	342 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	303 kJ/m²K
TAV***	0,006		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht. Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



**AW3\_Vorlage**

Äußenwand  
erstellt am 17.7.2020

**Wärmeschutz**

U = 0,23 W/(m²K)

**Feuchteschutz**

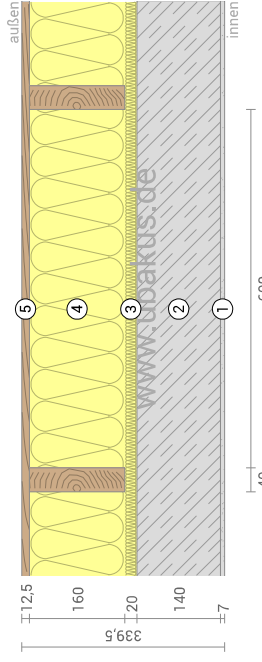
Kein Tauwasser

**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 295 kJ/m²K

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

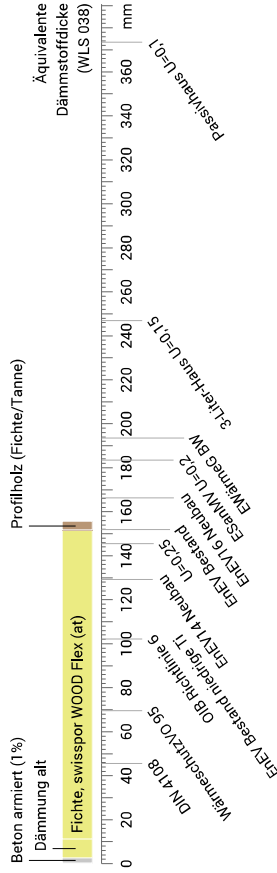
sehr gut mangelhaft sehr gut mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ swisspor WOOD Flex (160 mm)
- ⑤ Profillholz (12,5 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmeübergangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

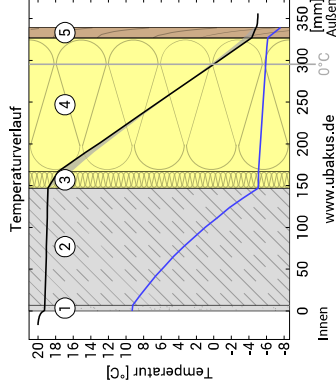
Dicke: 34,0 cm  
 Gewicht: 351 kg/m²  
 Wärmekapazität: 327 kJ/m²K

sd-Wert: 12,5 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

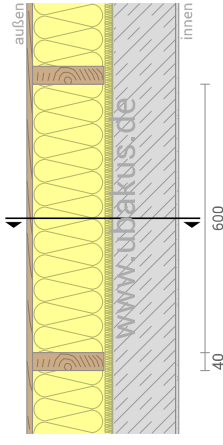
**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ swisspor WOOD Flex (160 mm)
- ⑤ Profillholz (12,5 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.



**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,2	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,7	19,2	322,0
4	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222	16,2	18,9	1,8
5	16 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,038	4,211	-4,3	17,7	7,5
	16 cm Fichte (6,2%)	0,130	1,231	-3,4	16,5	4,5
	1,25 cm Profillholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,089	-4,8	-3,4	5,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,5	
	33,95 cm Gesamtes Bauteil		4,254			351,2

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,3°C 19,2°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

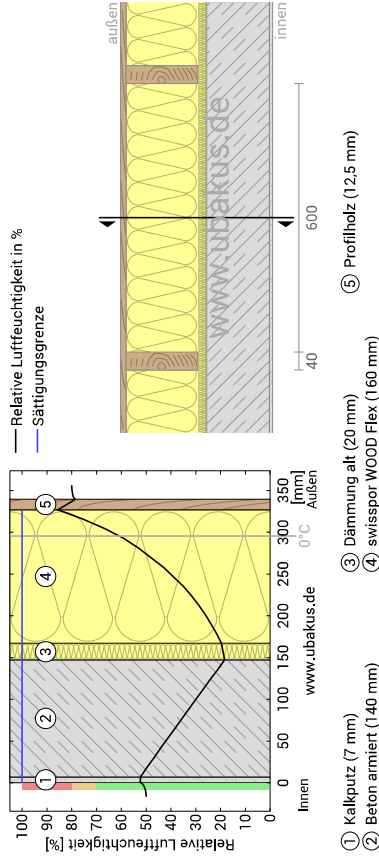
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	-	1,8
4	16 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,48	-	-	7,5
	16 cm Fichte (6,2%)	3,20	-	-	4,5
5	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,63	-	-	5,6
	33,95 cm Gesamtes Bauteil	12,50	-	-	351,2

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

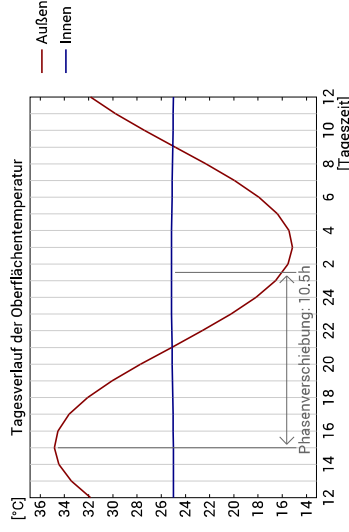
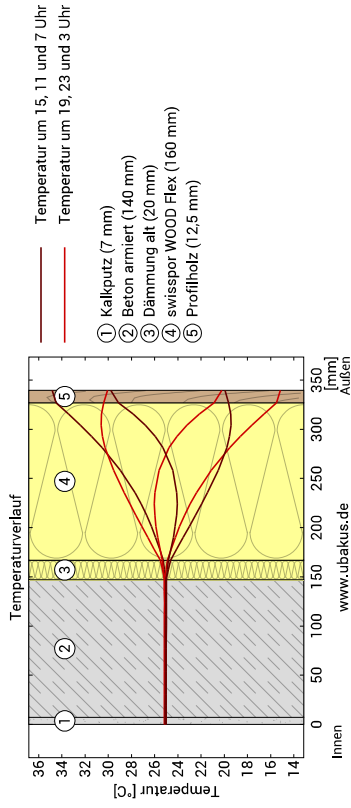


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	327 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	295 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermaße (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

**Wärmeschutz**

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

**Feuchteschutz**

Kein Tauwasser

mangelhaft

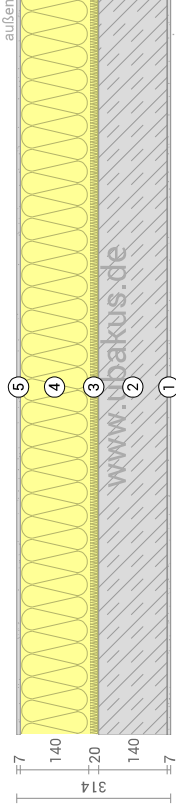
**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 295 kJ/m²K

mangelhaft

Alle Angaben ohne Gewähr

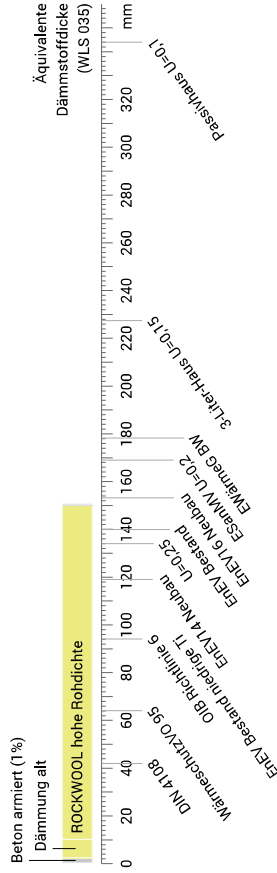
Außenwand  
erstellt am 17.7.2020



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ ROCKWOOL hohe Rohdichte (140 mm)
- ⑤ Kalkputz (7 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,3°C / -4,8°C

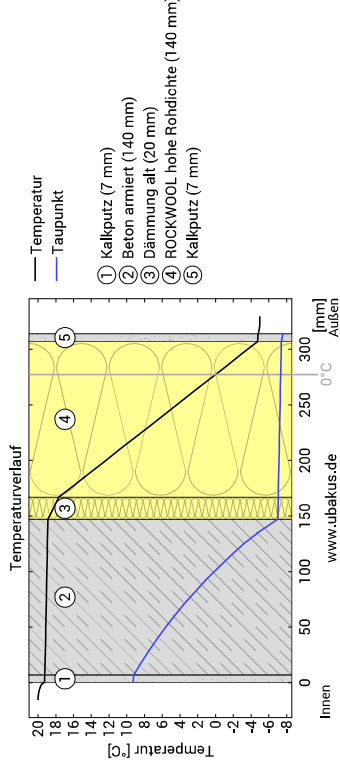
Dicke: 31,4 cm  
Gewicht: 365 kg/m²  
Wärmekapazität: 326 kJ/m²K

sd-Wert: 11,5 m

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

**Temperaturverlauf**



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,130	19,3	20,0	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,9	19,2	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222	17,6	18,9	1,8
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	4,000	-4,7	17,6	21,7
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
Wärmeübergangswiderstand*			0,048			
31,4 cm Gesamtes Bauteil			4,469			365,1

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmensseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C 19,3°C 19,3°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

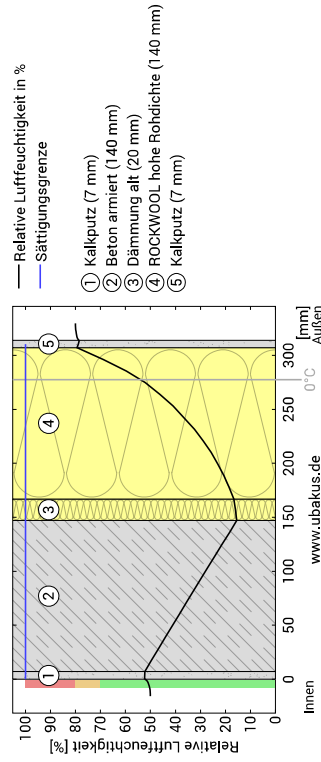
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	-	1,8
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,14	-	-	21,7
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
31,4 cm Gesamtes Bauteil					365,1

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

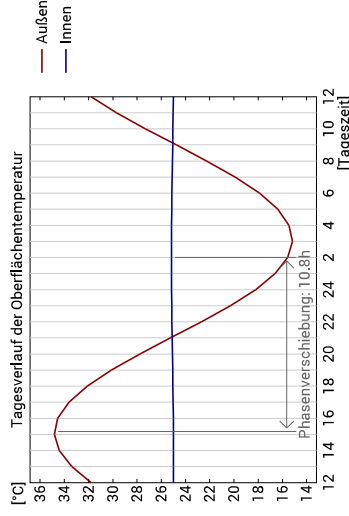
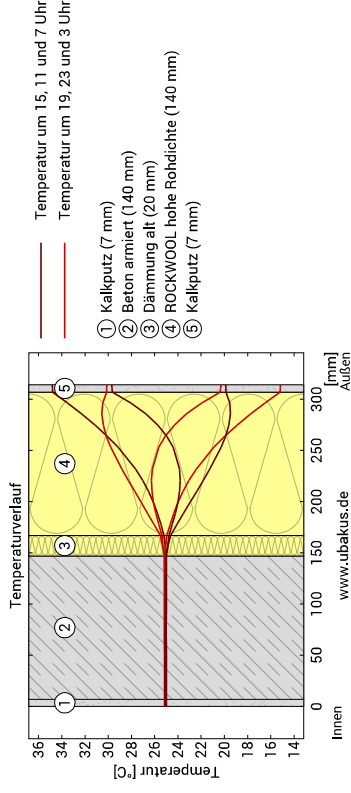


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	326 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	295 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.





AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 93

Phasenverschiebung: 7,8 h

Wärmekapazität innen: 286 kJ/m²K

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

mangelhaft

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 93

Phasenverschiebung: 7,8 h

Wärmekapazität innen: 286 kJ/m²K

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

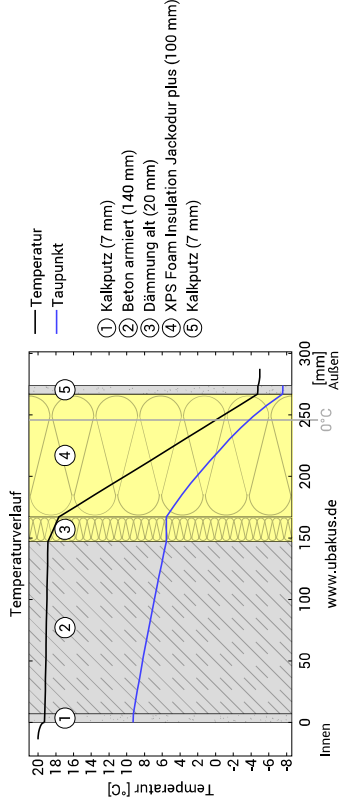
mangelhaft

sehr gut



AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,3	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,9	19,2	322,0
4	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222	17,6	18,9	1,8
5	10 cm XPS Foam Insulation Jackodor plus	0,025	4,000	-4,7	17,6	3,0
6	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
7	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
8	27,4 cm Gesamtes Bauteil		4,469			346,4

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilmenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C 19,3°C 19,3°C

Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C



AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 93

Phasenverschiebung: 7,8 h

Wärmekapazität innen: 286 kJ/m²K

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut



AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

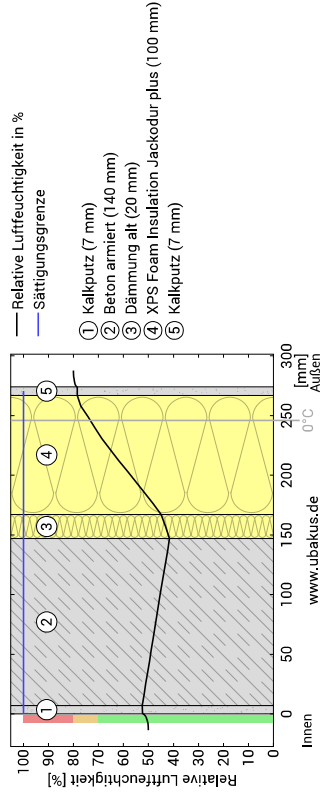
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	-	1,8
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	25,00	-	-	3,0
5	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
	27,4 cm Gesamtes Bauteil	36,36	-	-	346,4

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

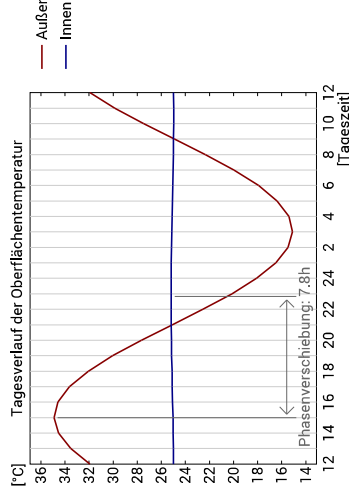
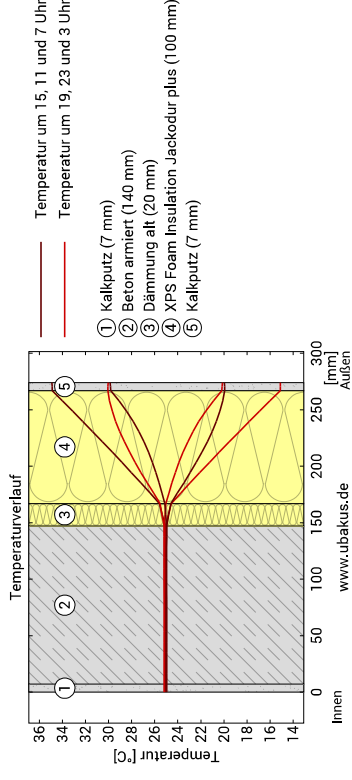
Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Inhalte ein Schaden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weiteres entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de

AW3\_Vorlage, U=0,22 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,8 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	309 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	92,6	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	286 kJ/m²K
TAV***	0,011		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



### AW1\_Vorlage+Steinwolle

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

#### Wärmeschutz

U = 1,81 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

#### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

sehr gut mangelhaft

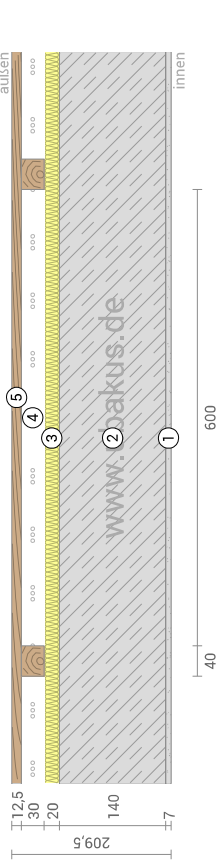
#### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 5,3

Phasenverschiebung: 6,2 h

Wärmekapazität innen: 189 kJ/m²K

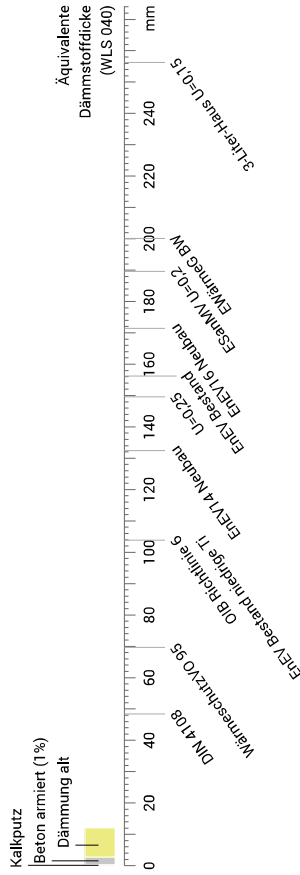
sehr gut mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑤ Profilholz (12,5 mm)

#### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
 Außenluft: -5,0°C / 80%  
 Oberflächentemp.: 13,0°C / -2,8°C

sd-Wert: 18,3 m

Dicke: 20,9 cm  
 Gewicht: 340 kg/m²  
 Wärmekapazität: 295 kJ/m²K

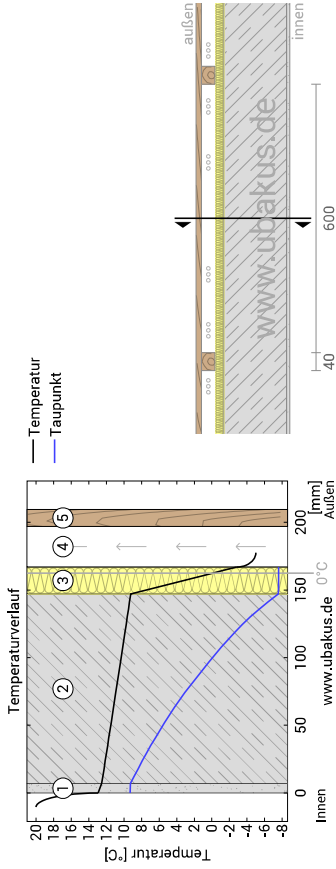
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



Alle Angaben ohne Gewähr

AW1\_Vorlage+Steinwolle, U=1,81 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ Dämmung alt (20 mm)
- ④ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑤ Profilholz (12,5 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]	Gewicht [kg/m²]
				min	max
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	13,0	20,0
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	12,5	13,0
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	9,2	12,5
4	2 cm Dämmung alt	0,090	0,222	-2,8	9,2
5	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	-5,0	-2,8
	3 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0
	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)			-5,0	-5,0
	20,95 cm Gesamtes Bauteil		0,551		

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 13,0°C / 13,0°C / -2,8°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -2,8°C / -2,8°C / -2,8°C

## Feuchteschutz

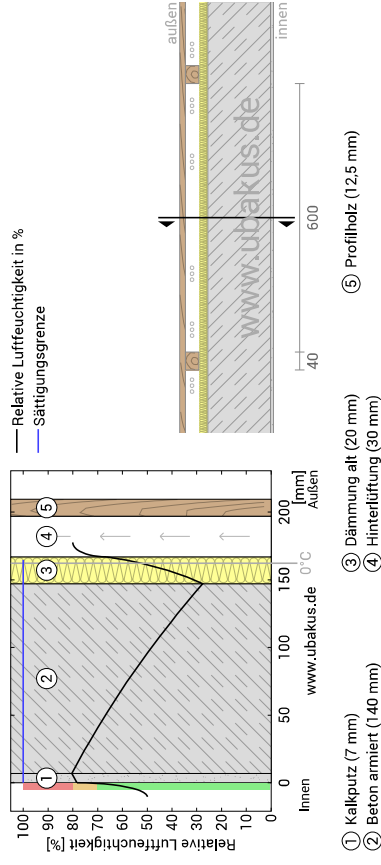
Für die Berechnung der Tauwassermergen wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	18,20	-	322,0
3	2 cm Dämmung alt	0,02	-	1,8
	20,95 cm Gesamtes Bauteil	18,29	-	340,1

## Luftfeuchtigkeit

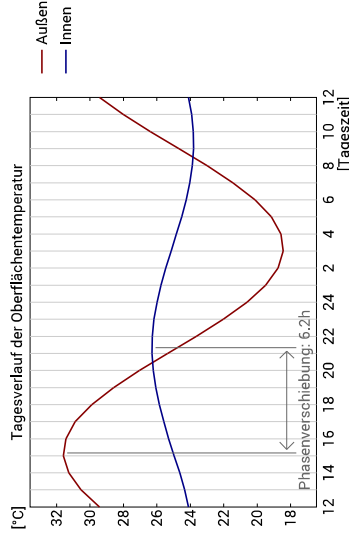
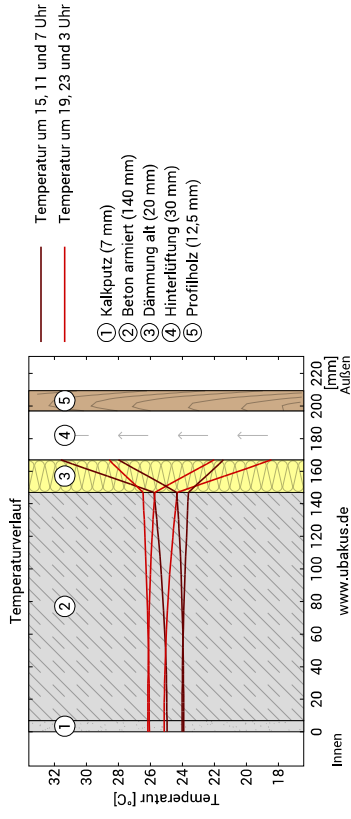
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 13,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 78% führt. Manche Arten von Schimmelpilzen gedeihen ab einer Luftfeuchtigkeit von 70%. Schimmelbildung kann nicht ausgeschlossen werden. Um Schimmelbildung zu vermeiden, sollte die Oberflächentemperatur durch (zusätzliche) Dämmung erhöht werden.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	6,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	295 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	5,3	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	189 kJ/m²K
TAV***	0,188		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.





AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

Alle Angaben ohne Gewähr

Außenwand  
erstellt am 17.7.2020

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 87

Phasenverschiebung: 7,7 h

Wärmekapazität innen: 284 kJ/m²K

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

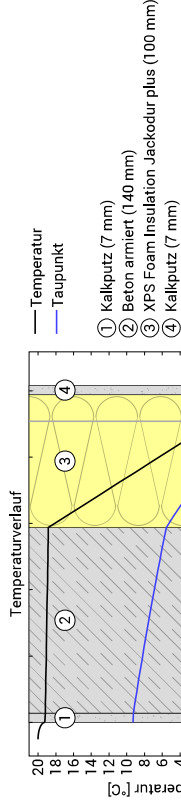
sehr gut

mangelhaft



AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,2	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,2	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,8	19,2	322,0
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodor plus	0,025	4,000	-4,7	18,8	3,0
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
6	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
7	25,4 cm Gesamtes Bauteil		4,247			344,6

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,2°C 19,2°C

Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C



AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

sehr gut

mangelhaft

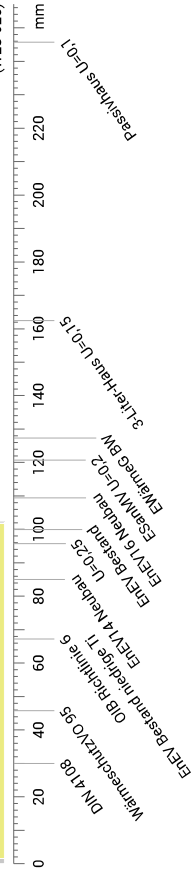
sehr gut

mangelhaft

sehr gut

Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten



Dicke: 25,4 cm  
Gewicht: 345 kg/m²  
Wärmekapazität: 307 kJ/m²K

AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

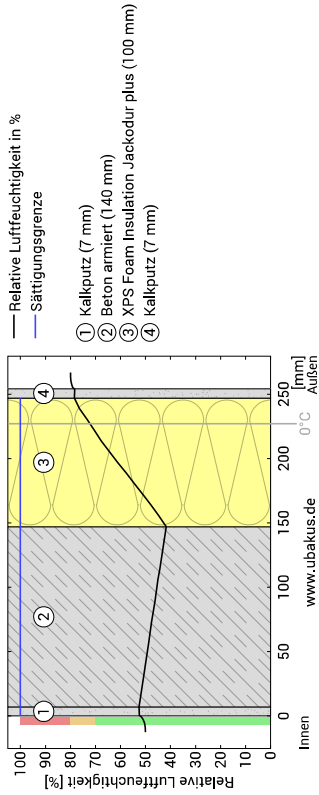
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	322,0
3	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	25,00	-	3,0
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
	25,4 cm Gesamtes Bauteil	36,34		344,6

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

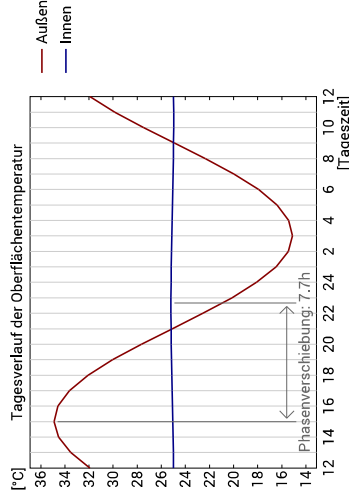
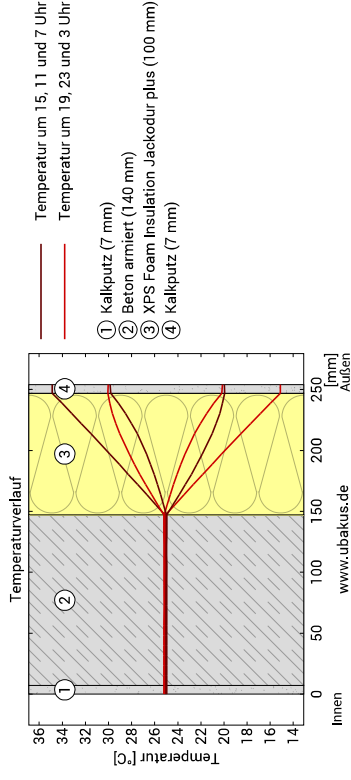


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



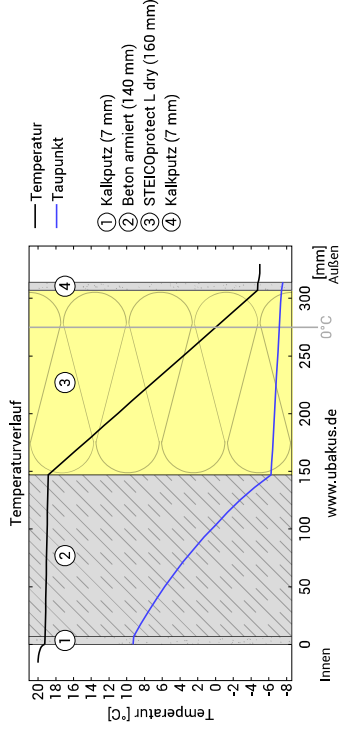
**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	307 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	87,0	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	284 kJ/m²K
TAV***	0,012		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speicher Masse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*	0,130	19,3	19,3	20,0	9,8
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3	322,0
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,9	19,2	17,6
4	16 cm STEICOprotect L dry	0,039	4,103	-4,7	-4,7	9,8
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,8	9,8
6	Wärmeübergangswiderstand*	0,040	0,040	-5,0	-4,8	359,2
7	31,4 cm Gesamtes Bauteil		4,350			

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,3°C / 19,3°C / 19,3°C

Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

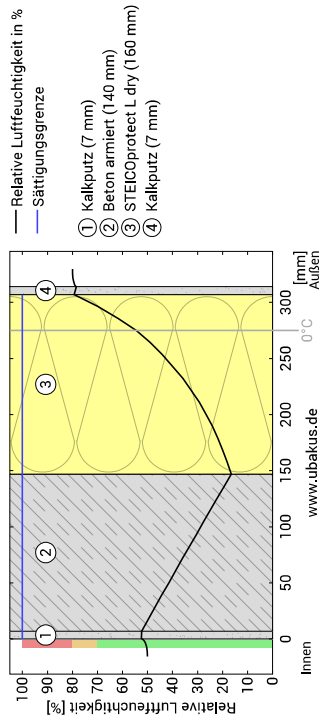
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	16 cm STEICOprotect L dry	0,48	-	-	17,6
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
	31,4 cm Gesamtes Bauteil	11,82			359,2

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

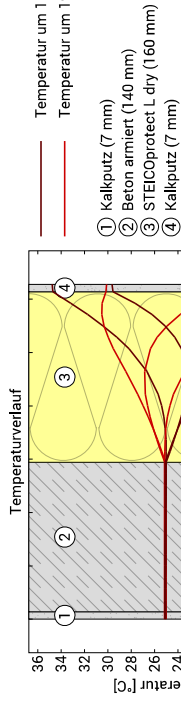


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

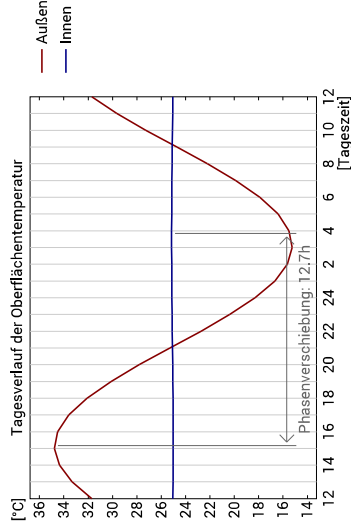
## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Temperatur um 15, 11 und 7 Uhr  
Temperatur um 19, 23 und 3 Uhr

- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ STEICOprotect L dry (160 mm)
- ④ Kalkputz (7 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	340 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	301 kJ/m²K
TAV***	0,007		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



**Wärmeschutz**

U = 0,22 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

**Feuchteschutz**

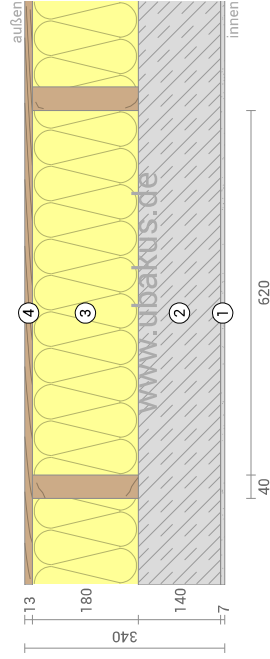
Kein Tauwasser

mangelhaft

**Hitzeschutz**

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 296 kJ/m²K

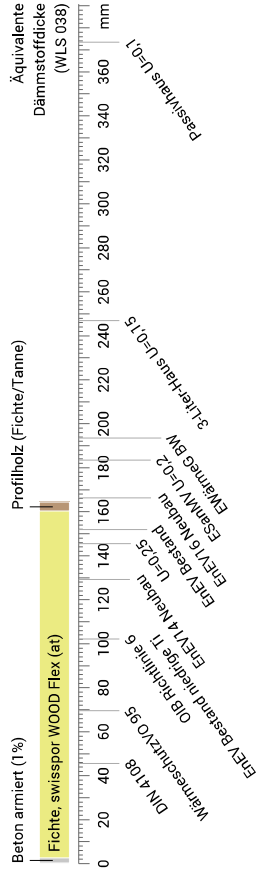
mangelhaft



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ swisspor WOOD Flex (180 mm)
- ④ Profilholz (13 mm)

**Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten**

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK.



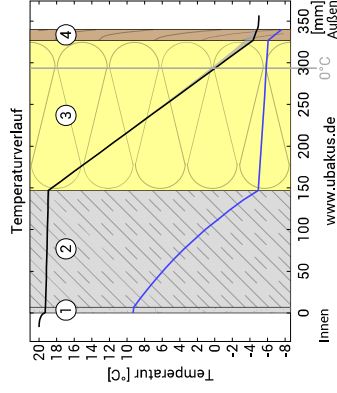
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

sd-Wert: 12,6 m

Dicke: 34,0 cm  
Gewicht: 351 kg/m²  
Wärmekapazität: 328 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).

**Temperaturverlauf**



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ swisspor WOOD Flex (180 mm)
- ④ Profilholz (13 mm)

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

**Schichten (von innen nach außen)**

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]	Gewicht [kg/m²]
				min	max
1	Wärmeübergangswiderstand*	0,130	0,130	19,2	20,0
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,3
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,7	19,3
4	18 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,038	4,737	-4,3	18,9
	18 cm Fichte (6,1%)	0,130	1,385	-3,4	18,8
	1,3 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,093	-4,8	-3,4
	Wärmeübergangswiderstand*	0,040	0,040	-5,0	-4,5
	34 cm Gesamtes Bauteil		4,484		

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C 19,3°C 19,3°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,5°C

## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:

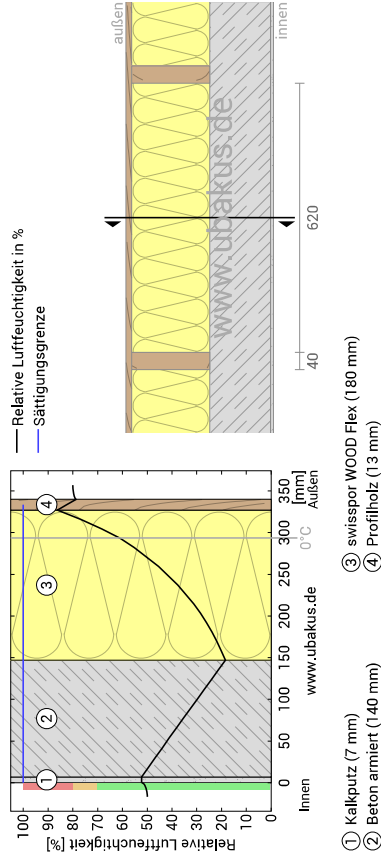
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	18 cm swisspor WOOD Flex (at)	0,54	-	-	8,5
3	18 cm Fichte (6,1%)	3,60	-	-	4,9
4	1,3 cm Profiholz (Fichte/Tanne)	0,65	-	-	5,8
4	34 cm Gesamtes Bauteil	12,57	-	-	351,0

## Luftfeuchtigkeit

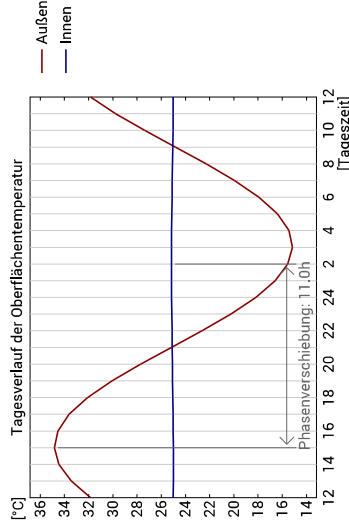
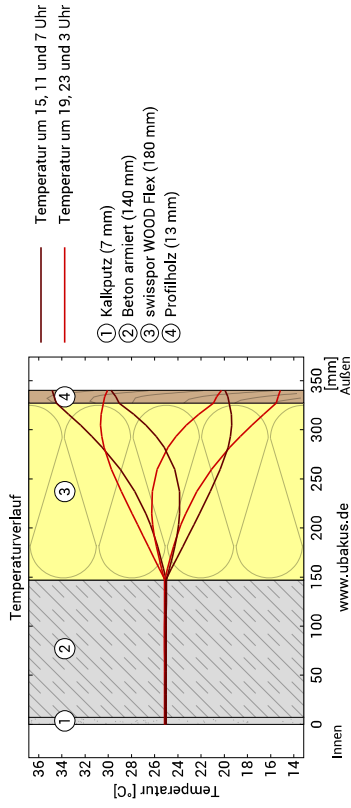
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	328 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	296 kJ/m²K
TAV***	0,008		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.



AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,24 W/(m²K)

ENEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

mangelhaft

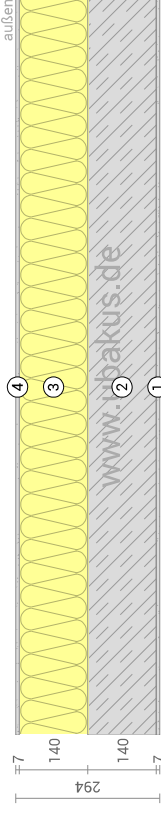
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 293 kJ/m²K

mangelhaft

Alle Angaben ohne Gewähr

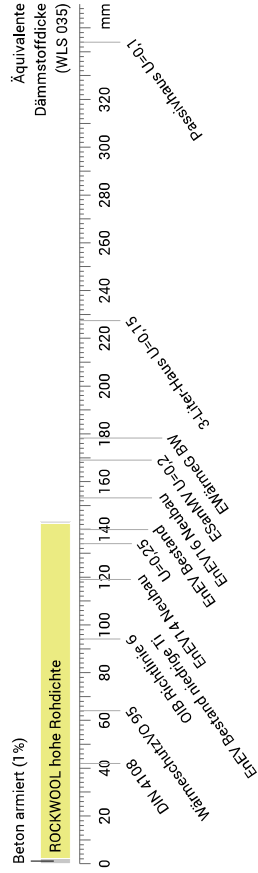
Außenwand  
erstellt am 17.7.2020



- ① kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ ROCKWOOL hohe Rohdichte (140 mm)
- ④ kalkputz (7 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

sd-Wert: 11,5 m

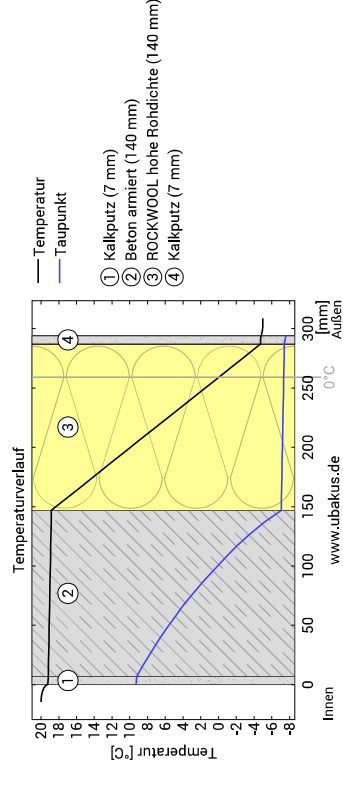
Dicke: 29,4 cm  
Gewicht: 363 kg/m²  
Wärmekapazität: 325 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß ENEC 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,2	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,2	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,8	19,2	322,0
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	4,000	-4,7	18,8	21,7
5	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	-4,8	-4,7	9,8
6	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
7	29,4 cm Gesamtes Bauteil		4,247			363,3

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C / 19,2°C / 19,2°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

Alle Angaben ohne Gewähr

AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

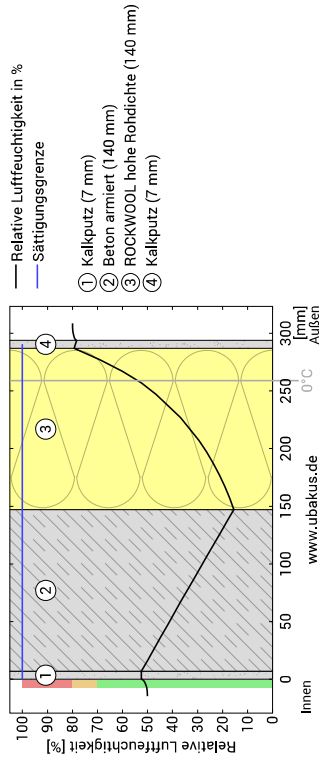
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	322,0
3	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,14	-	21,7
4	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
	29,4 cm Gesamtes Bauteil	11,48	-	363,3

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren, Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

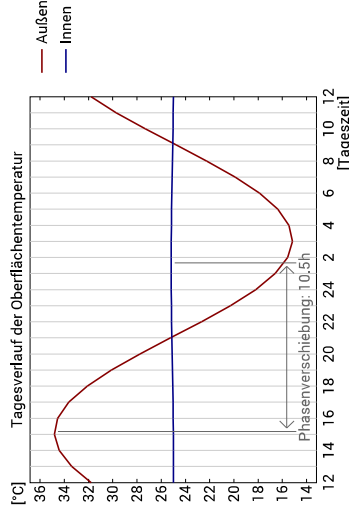
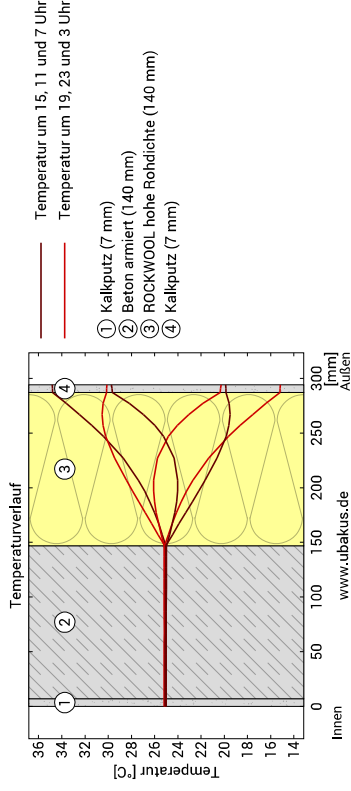
Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Dienstleistung Schaden entstehen, so hat der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de/agb

AW3\_Vorlage, U=0,24 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	325 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	293 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.





AW3\_Vorlage

Wärmeschutz

U = 0,23 W/(m²K)

EnEV Bestand\*: U=0,24 W/(m²K)

sehr gut

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

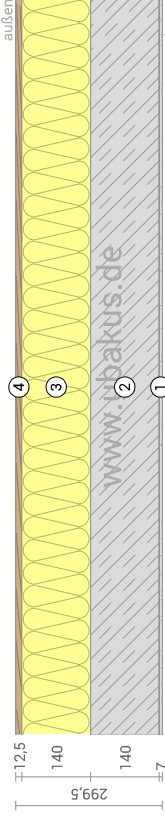
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 294 kJ/m²K

sehr gut

Alle Angaben ohne Gewähr

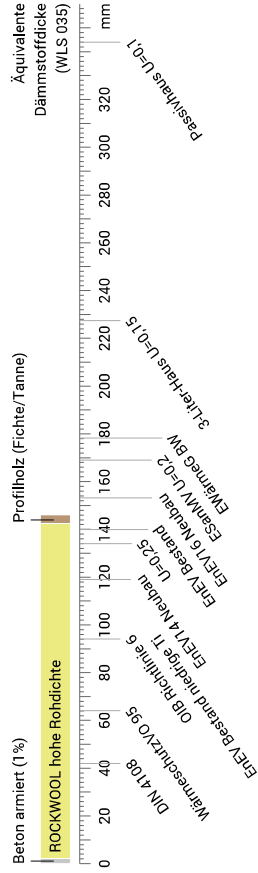
Außenwand  
erstellt am 17.7.2020



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (140 mm)
- ③ ROCKWOOL hohe Rohdichte (140 mm)
- ④ Profilholz (12,5 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,2°C / -4,8°C

sd-Wert: 12,0 m

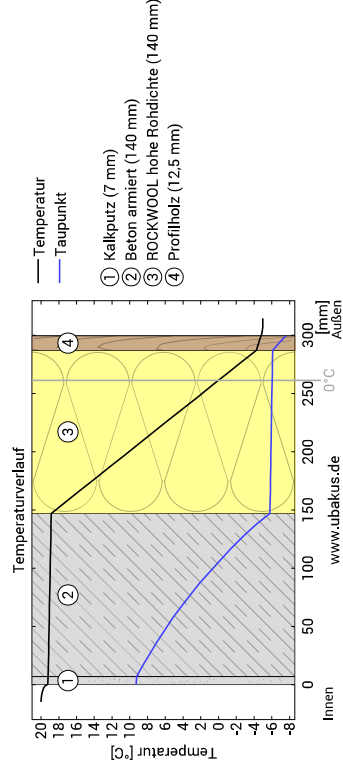
Dicke: 29,9 cm  
Gewicht: 359 kg/m²  
Wärmekapazität: 324 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß EnEV 2014/2016 für erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenwänden (Anlage 3, Tabelle 1, Zeile 1).



AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,130	19,2	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	19,2	19,2	9,8
3	14 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,061	18,9	19,2	322,0
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	4,000	-4,3	18,9	21,7
4	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,140	0,089	-4,8	-4,3	5,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	29,95 cm Gesamtes Bauteil		4,328			359,1

\*Annahme: Freie Luftzirkulation auf der Bauteilinnenseite.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,2°C / 19,2°C / 19,2°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C / -4,8°C / -4,8°C

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

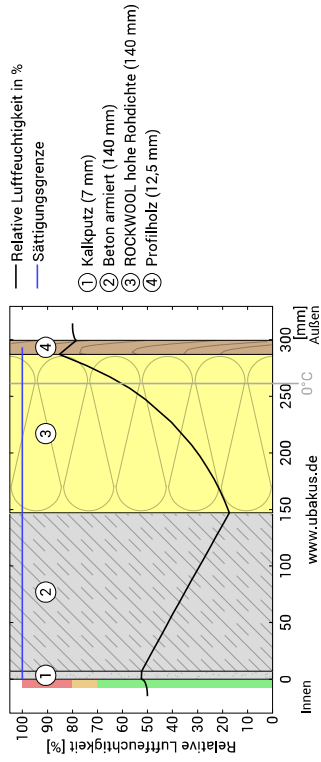
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	14 cm Beton armiert (1%)	11,20	-	-	322,0
3	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,14	-	-	21,7
4	1,25 cm Profilholz (Fichte/Tanne)	0,63	-	-	5,6
	29,95 cm Gesamtes Bauteil	12,04	-	-	359,1

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,2 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

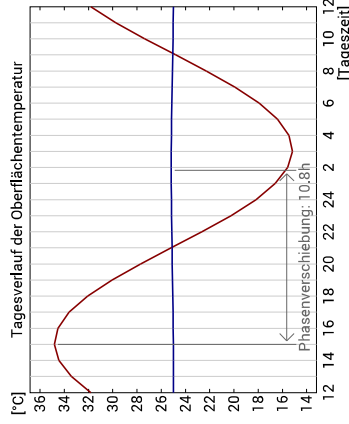
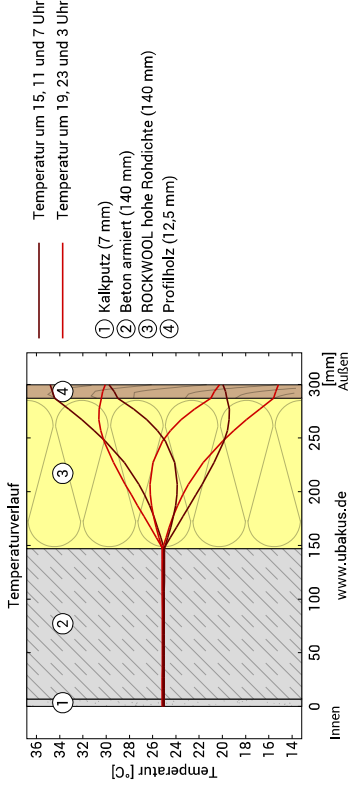
Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Dienstleistung Schaden entstehen, so haftet der Dienstleister nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Dienstleisters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de/agb

AW3\_Vorlage, U=0,23 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	324 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	294 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



## Feuchteschutz

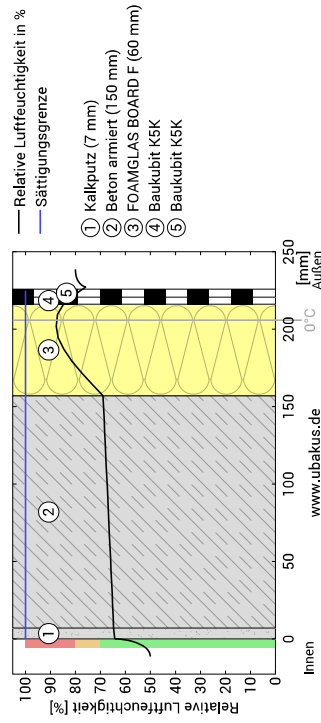
Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	2400	-	99
4	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
22,74 cm Gesamtes Bauteil		2.620,07		376,1

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 16,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 64% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



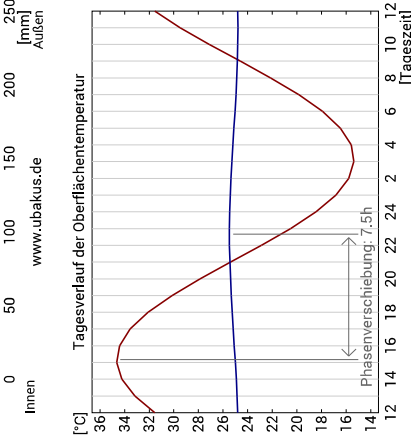
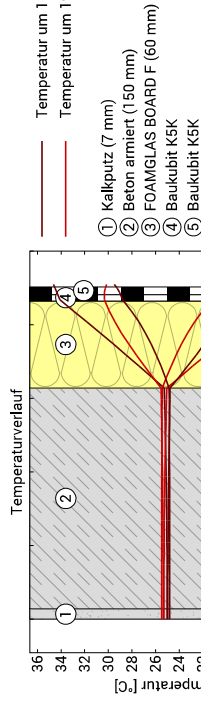
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Print-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Dienstleistung Schaden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	343 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	28,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	262 kJ/m²K
TAV***	0,035		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung  
Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



## Dach Vorlage+Dämmung

Flachdach  
erstellt am 10.7.2020

### Wärmeschutz

U = 0,19 W/(m²K)

OIB Richtlinie 6\*: U<0,2 W/(m²K)



### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

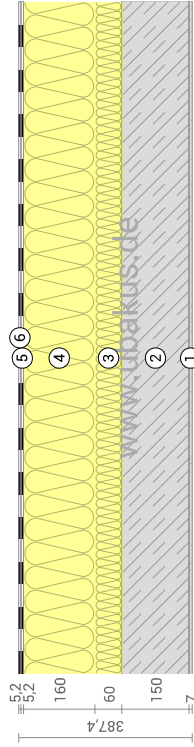


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

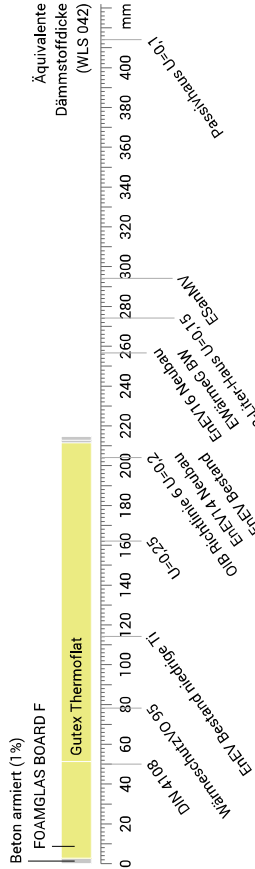
Wärmekapazität innen: 325 kJ/m²K



- ① kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ FOAMGLAS BOARD F (60 mm)
- ④ Gutex Thermoflat (160 mm)
- ⑤ Baukubit K5K
- ⑥ Baukubit K5K

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,042 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächenentemp.: 18,8°C / -4,8°C

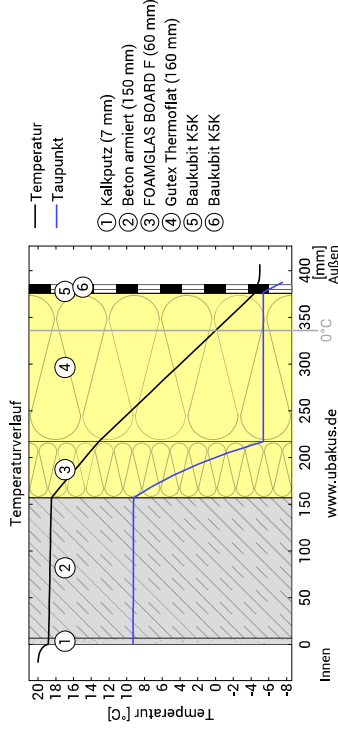
sd-Wert: 2620,6 m

Dicke: 38,7 cm  
Gewicht: 399 kg/m²  
Wärmekapazität: 390 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.

Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ FOAMGLAS BOARD F (60 mm)
- ④ Gutex Thermoflat (160 mm)
- ⑤ Baukubit K5K
- ⑥ Baukubit K5K

Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,100	18,8	20,0	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,5	18,8	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	0,052	1,154	13,1	18,5	9,9
4	16 cm Gutex Thermoflat	0,042	3,810	-4,5	13,1	22,4
5	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,7	-4,5	5,7
6	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
38,74 cm Gesamtes Bauteil		5,238		-5,0		398,5

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rst=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächenentemperatur innen (min / mittel / max): 18,8°C 18,8°C 18,8°C  
Oberflächenentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

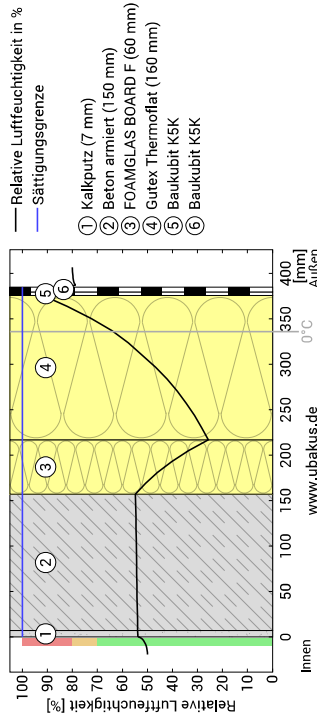
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	2400	-	9,9
4	16 cm Gutex Thermofoilat	0,48	-	22,4
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
6	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
38,74 cm. Gesamtes Bauteil		2.620,55	-	398,5

## Luftfeuchtigkeit

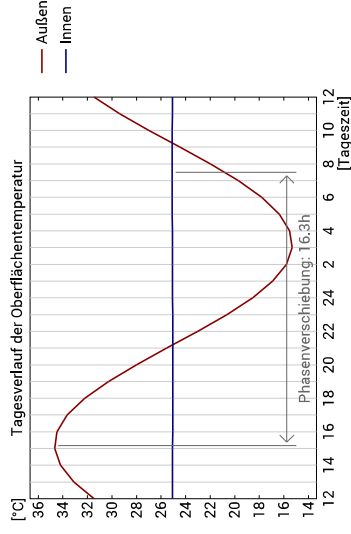
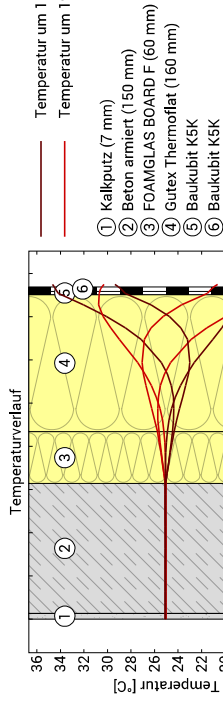
Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,8 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	390 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	325 kJ/m²K
TAV***	0,003		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht. Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



### Diplom Dach Dämmung

Alle Angaben ohne Gewähr

Flachdach  
erstellt am 13.7.2020

#### Wärmeschutz

U = 0,20 W/(m²K)

OIB Richtlinie 6\*: U<0,2 W/(m²K)



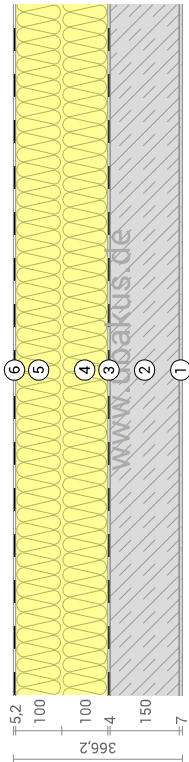
#### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 330 kJ/m²K



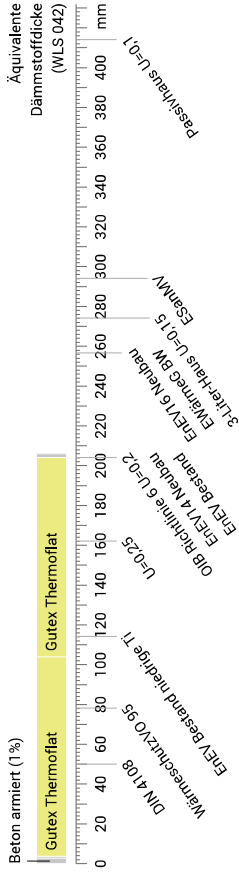
#### Hitzeschutz



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ BauderTHERM DS 2 Dampfsperre
- ④ Gutex Thermoflat (100 mm)
- ⑤ Gutex Thermoflat (100 mm)
- ⑥ Baukubit K5K

#### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,042 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,8°C / -4,8°C

Dicke: 36,6 cm  
Gewicht: 393 kg/m²  
Wärmekapazität: 386 kJ/m²K

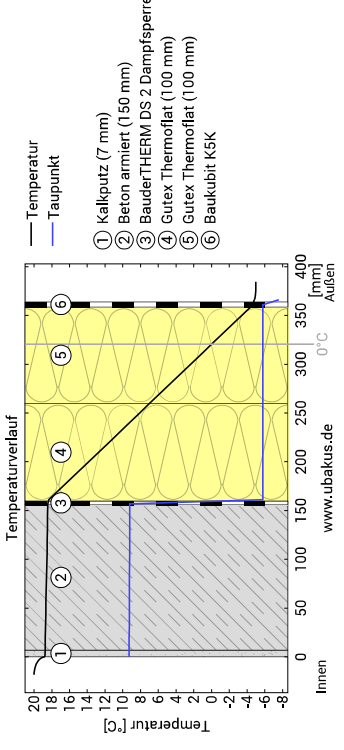
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.



Diplom Dach Dämmung, U=0,20 W/(m²K)

Alle Angaben ohne Gewähr

### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ BauderTHERM DS 2 Dampfsperre
- ④ Gutex Thermoflat (100 mm)
- ⑤ Gutex Thermoflat (100 mm)
- ⑥ Baukubit K5K

Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	18,8	20,0	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,4	18,8	345,0
3	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	0,170	0,024	18,3	18,4	4,2
4	10 cm Gutex Thermoflat	0,042	2,381	6,8	18,3	14,0
5	10 cm Gutex Thermoflat	0,042	2,381	-4,7	6,8	14,0
6	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
36,62 cm Gesamtes Bauteil		5,029				392,7

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rst=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,8°C 18,8°C 18,8°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

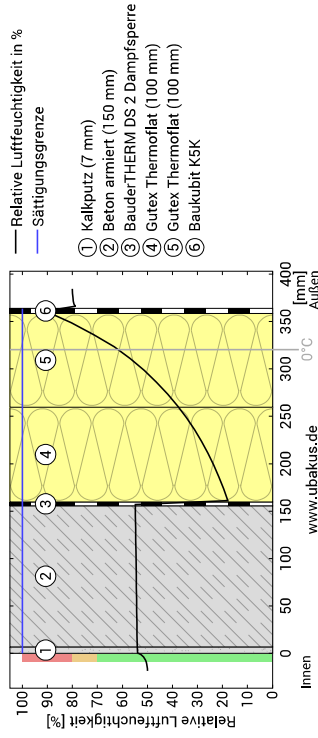
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	1500	-	4,2
4	10 cm Gutex Thermoflat	0,30	-	14,0
5	10 cm Gutex Thermoflat	0,30	-	14,0
6	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
36,62 cm. Gesamtes Bauteil		1.616,67	-	392,7

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumeite beträgt 18,8 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



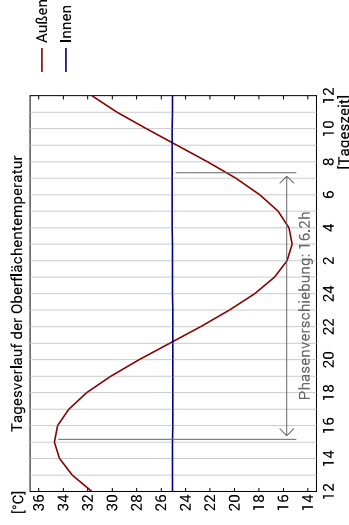
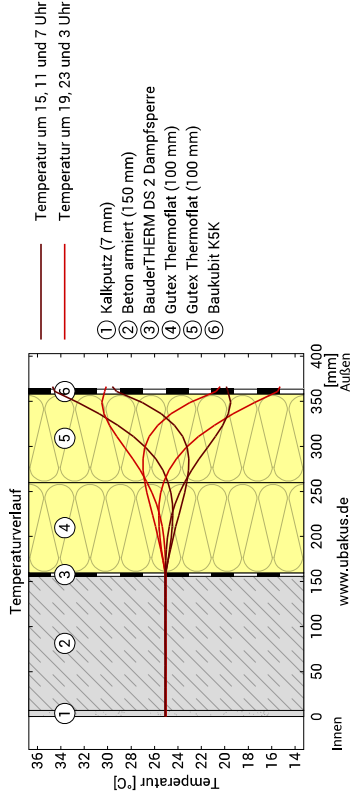
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus ZD-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Inhalte ein Schaden entstehen, so hat der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weiteres entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de/gb

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	386 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	330 kJ/m²K
TAV***	0,003		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



## Diplom Dach Dämmung

Flachdach  
erstellt am 13.7.2020

### Wärmeschutz

U = 0,18 W/(m²K)

OIB Richtlinie 6\*: U<0,2 W/(m²K)



### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

Wärmekapazität innen: 316 kJ/m²K

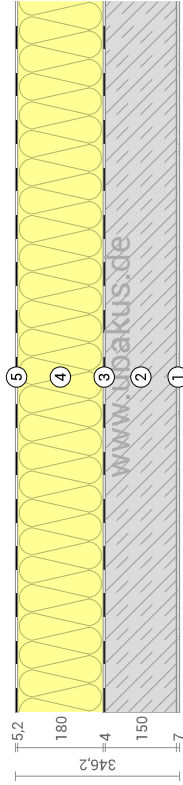


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

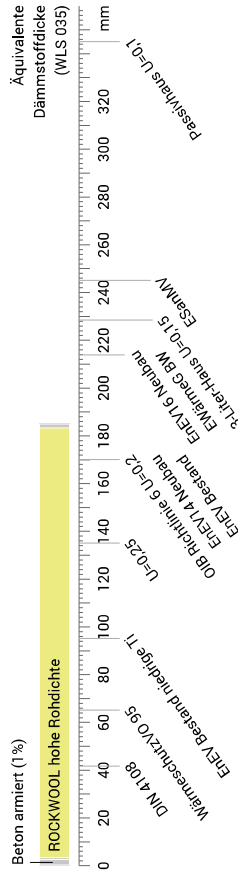
Wärmekapazität innen: 316 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ BauderTHERM DS 2 Dampfsperre
- ④ ROCKWOOL hohe Rohdichte (180 mm)
- ⑤ Baukubit K5K

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,9°C / -4,8°C

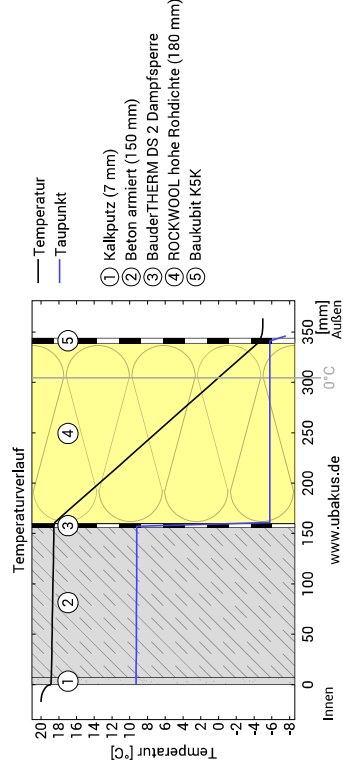
sd-Wert: 1616,3 m

Dicke: 34,6 cm  
Gewicht: 393 kg/m²  
Wärmekapazität: 355 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.

Diplom Dach Dämmung, U=0,18 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	18,9	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	18,8	18,9	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,5	18,8	345,0
4	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	0,170	0,024	18,4	18,5	4,2
5	18 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	5,143	-4,7	18,4	27,9
6	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
7	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
8	34,62 cm Gesamtes Bauteil		5,410			392,6

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,9°C 18,9°C 18,9°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

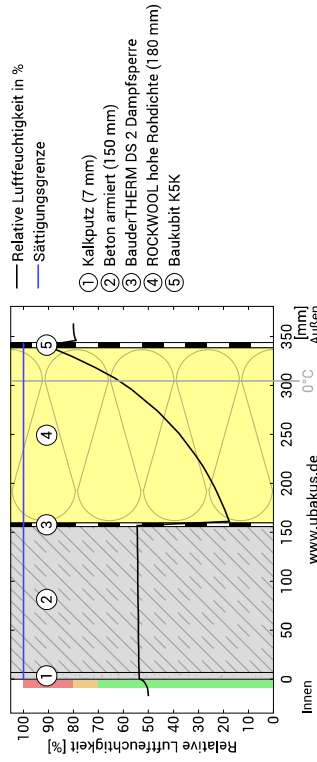
### Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	1500	-	-	4,2
4	18 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,18	-	-	27,9
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	-	5,7
	34,62 cm Gesamtes Bauteil	1.616,25			392,6

### Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,9 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



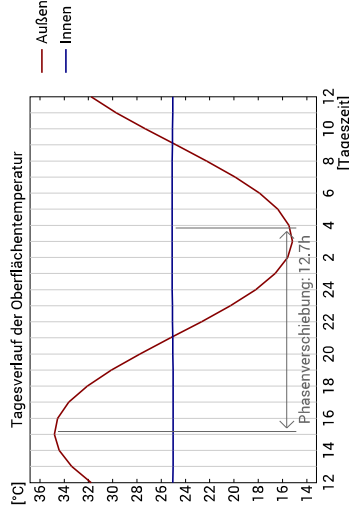
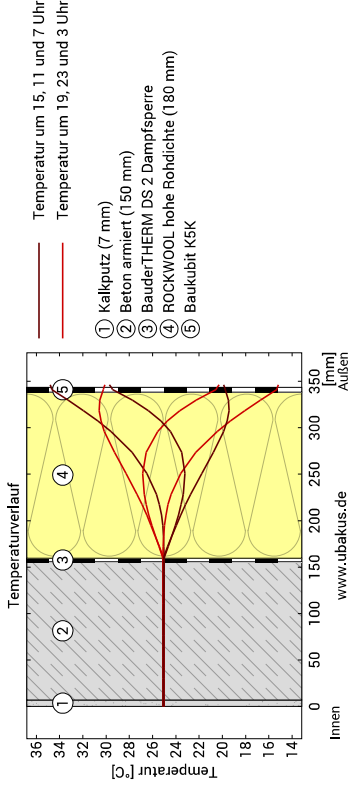
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Print-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Inhalte ein Schaden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weitere entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de/

### Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	355 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	316 kJ/m²K
TAV***	0,005		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Print-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).



Alle Angaben ohne Gewähr

## Diplom Dach Vorlage+Dämmung

Flachdach  
erstellt am 13.7.2020

### Wärmeschutz

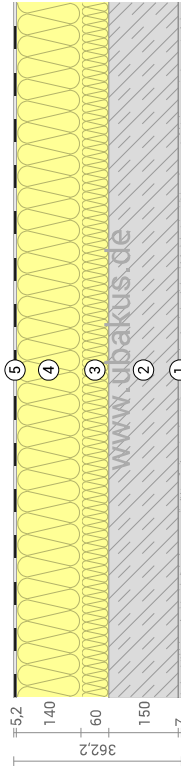
### Feuchteschutz

### Hitzeschutz

U = 0,19 W/(m²K)

Kein Tauwasser

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 315 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ FOAMGLAS BOARD F (60 mm)
- ④ ROCKWOOL hohe Rohdichte (140 mm)
- ⑤ Baukubit K5K

Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,9°C / -4,8°C

sd-Wert: 2516,2 m

Dicke: 36,2 cm  
Gewicht: 392 kg/m²  
Wärmekapazität: 355 kJ/m²K

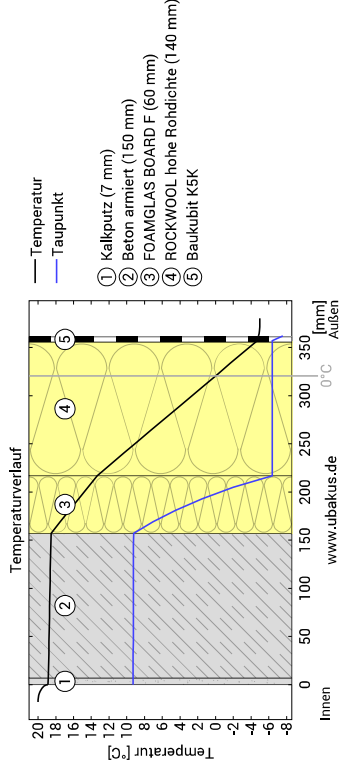
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.



Alle Angaben ohne Gewähr

## Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	18,9	20,0	
1	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	18,8	18,9	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,5	18,8	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	0,052	1,154	13,3	18,5	9,9
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,035	4,000	-4,7	13,3	21,7
5	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
	36,22 cm Gesamtes Bauteil		5,398			

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,9°C 18,9°C 18,9°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

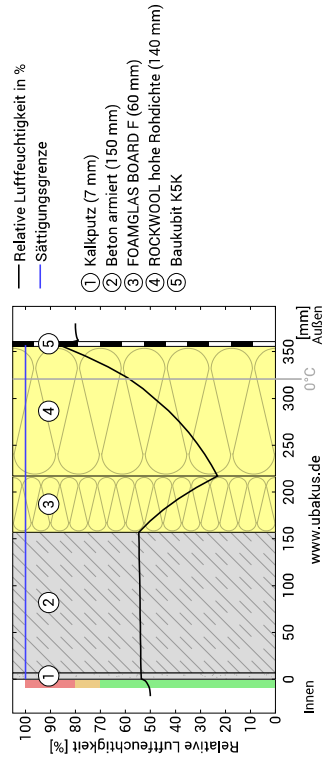
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	-	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	2400	-	-	99
4	14 cm ROCKWOOL hohe Rohdichte	0,14	-	-	21,7
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	-	5,7
36,22 cm Gesamtes Bauteil		2.516,21			392,1

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,9 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



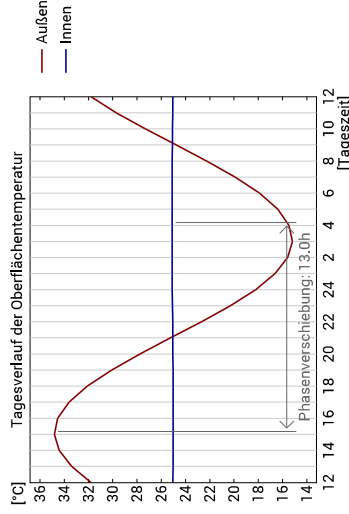
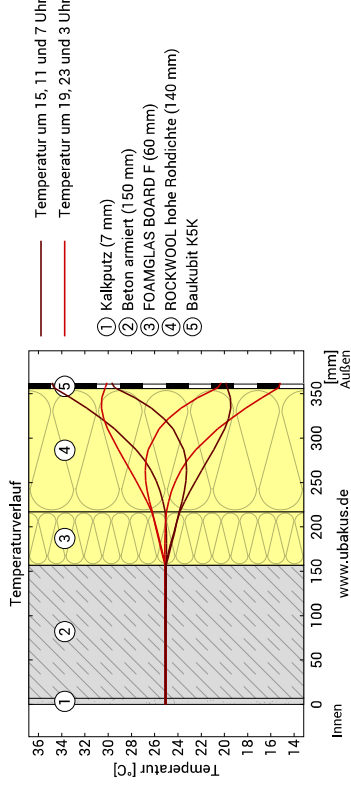
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	355 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	315 kJ/m²K
TAV***	0,005		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).





## Diplom Dach Dämmung

Alle Angaben ohne Gewähr

Flachdach  
erstellt am 15.7.2020

### Wärmeschutz

U = 0,20 W/(m²K)

OIB Richtlinie 6\*: U<0,2 W/(m²K)



### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

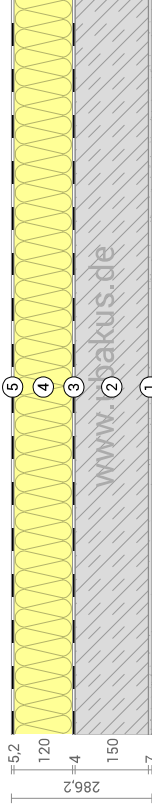


### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100

Phasenverschiebung: nicht relevant

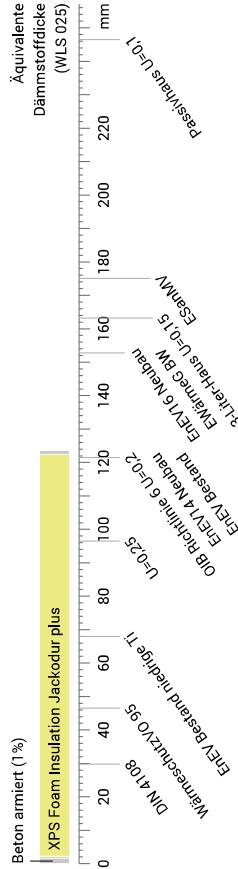
Wärmekapazität innen: 303 kJ/m²K



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ BauderTHERM DS 2 Dampfsperre
- ④ XPS Foam Insulation Jackodor plus (120 mm)
- ⑤ Baukubit KSK

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmeübergangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,025 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,8°C / -4,8°C

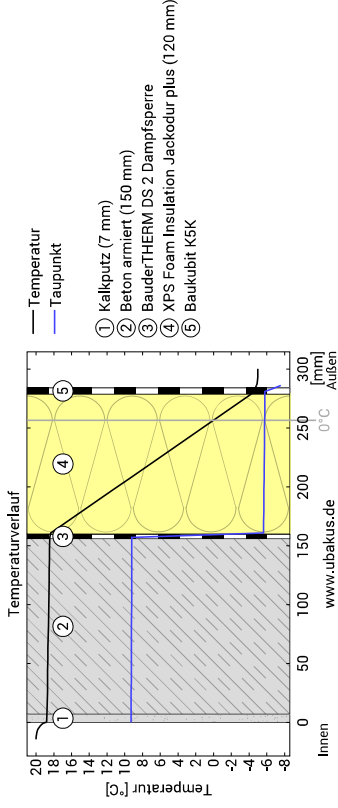
Dicke: 28,6 cm  
Gewicht: 368 kg/m²  
Wärmekapazität: 332 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.



Diplom Dach Dämmung, U=0,20 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ BauderTHERM DS 2 Dampfsperre
- ④ XPS Foam Insulation Jackodor plus (120 mm)
- ⑤ Baukubit KSK

Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	18,8	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	18,8	18,8	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,5	18,8	345,0
4	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	0,170	0,024	18,3	18,5	4,2
5	12 cm XPS Foam Insulation Jackodor plus	0,025	4,800	-4,7	18,3	3,6
6	0,52 cm Baukubit KSK	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
7	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
8	28,62 cm Gesamtes Bauteil		5,067			368,3

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,8°C 18,8°C 18,8°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

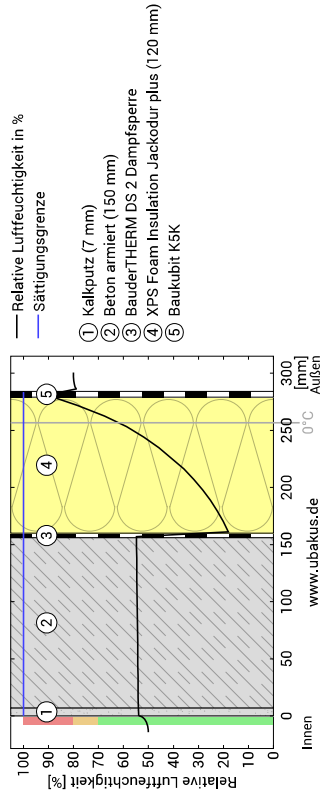
## Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	0,4 cm BauderTHERM DS 2 Dampfsperre	1500	-	4,2
4	12 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	9,60	-	3,6
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
	28,62 cm Gesamtes Bauteil	1.625,67		368,3

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,8 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



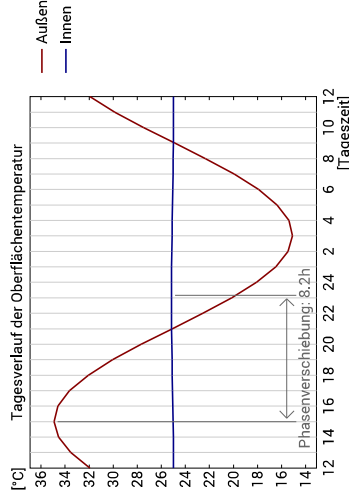
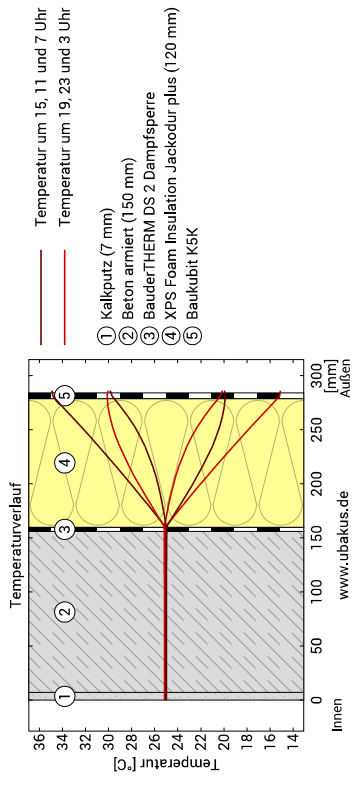
Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

Dieses Dokument wurde vom U-Wert-Rechner auf www.ubakus.de generiert. Sollte Ihnen durch die kostenlose Nutzung dieser Software Schäden entstehen, so haftet der Diensteanbieter nur bei Vorsatz und grober Fahrlässigkeit des Diensteanbieters. Weiteres entnehmen Sie bitte den AGB unter http://www.ubakus.de

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	332 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	303 kJ/m²K
TAV***	0,009		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



## Diplom Dach Vorlage+Dämmung

Alle Angaben ohne Gewähr

Flachdach  
erstellt am 15.7.2020

### Wärmeschutz

U = 0,19 W/(m²K)

OIB Richtlinie 6\*: U<0,2 W/(m²K)

sehr gut mangelhaft

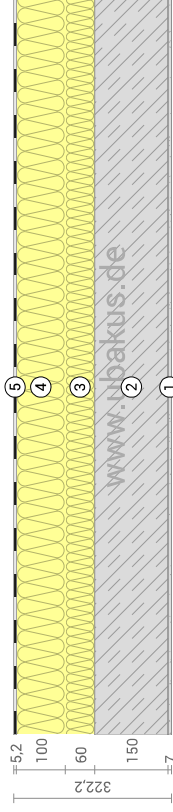
### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 308 kJ/m²K

sehr gut mangelhaft

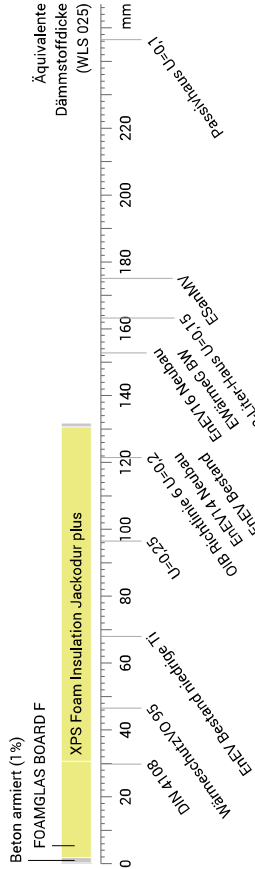


- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ FOAMGLAS BOARD F (60 mm)
- ④ XPS Foam Insulation Jackodur plus (100 mm)
- ⑤ Baukubit K5K

Gewerbliche Nutzung nur mit Plus-, PDF- oder Profi-Option (ab 2,99 €/Monat zzgl. MwSt).

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,025 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 18,9°C / -4,8°C

sd-Wert: 2524,1 m

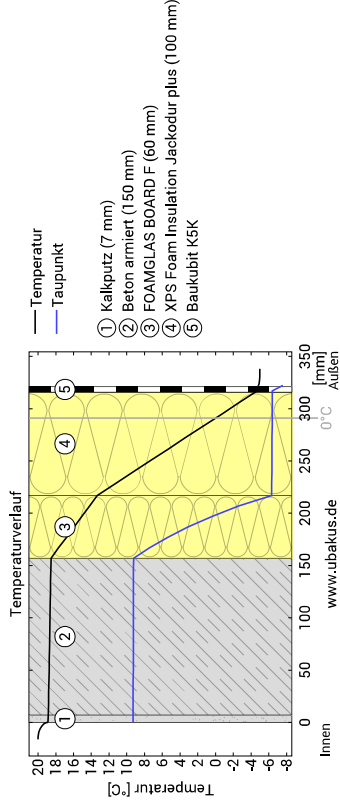
Dicke: 32,2 cm  
Gewicht: 373 kg/m²  
Wärmekapazität: 337 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft.



## Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



- ① Kalkputz (7 mm)
- ② Beton armiert (150 mm)
- ③ FOAMGLAS BOARD F (60 mm)
- ④ XPS Foam Insulation Jackodur plus (100 mm)
- ⑤ Baukubit K5K

Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
1	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	18,9	20,0	
2	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	18,8	18,9	9,8
3	15 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,065	18,5	18,8	345,0
4	6 cm FOAMGLAS BOARD F	0,052	1,154	13,3	18,5	9,9
5	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	0,025	4,000	-4,7	13,3	3,0
6	0,52 cm Baukubit K5K	0,170	0,031	-4,8	-4,7	5,7
7	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
8	32,22 cm Gesamtes Bauteil		5,398			373,4

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,9°C 18,9°C 18,9°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,8°C -4,8°C -4,8°C

Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

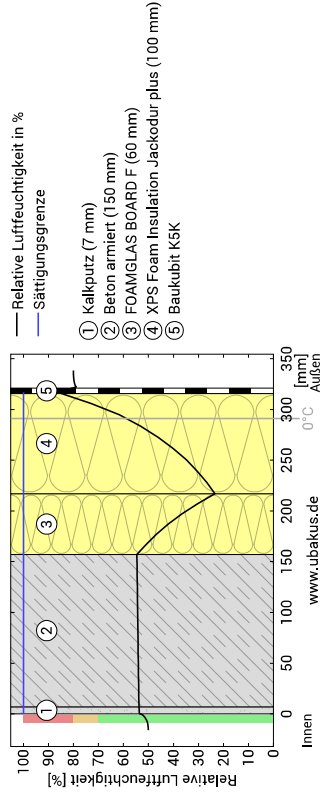
### Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit, außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit, Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.  
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Gewicht [kg/m³]
1	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	9,8
2	15 cm Beton armiert (1%)	12,00	-	345,0
3	6 cm FOAMGLAS BOARD F	24,00	-	9,9
4	10 cm XPS Foam Insulation Jackodur plus	8,00	-	3,0
5	0,52 cm Baukubit K5K	104,00	-	5,7
	32,22 cm Gesamtes Bauteil	2.524,07		373,4

### Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,9 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

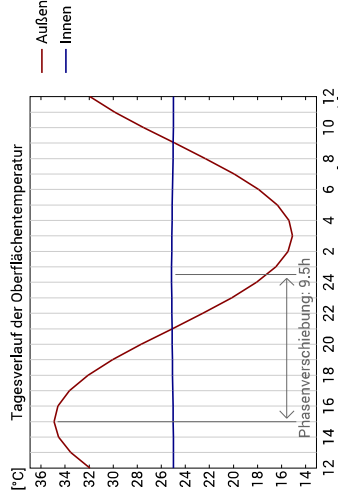
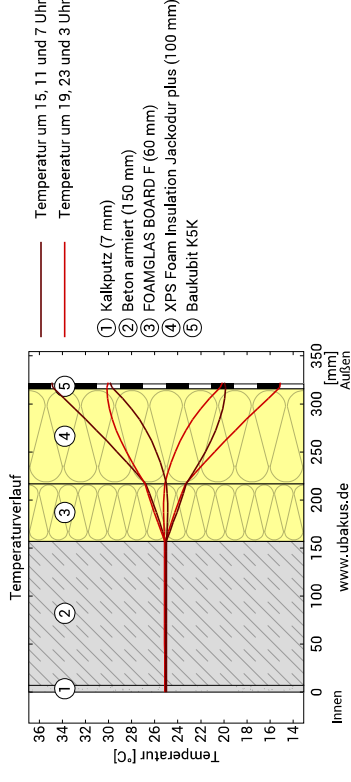


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/Kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Diplom Dach Vorlage+Dämmung, U=0,19 W/(m²K)

### Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	337 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	308 kJ/m²K
TAV***	0,008		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\* Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



### Kellerdecke

Kellerdecke  
erstellt am 23.7.2020

### Wärmeschutz

**U = 0,41 W/(m²K)**

OIB Richtlinie 6\*: U<0,4 W/(m²K)

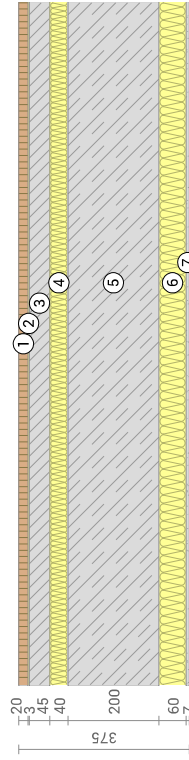


### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

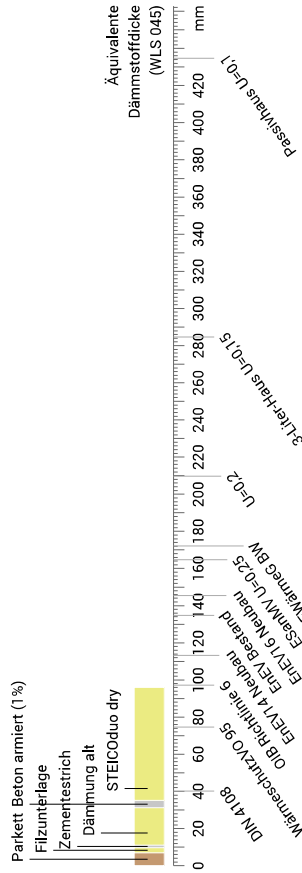
Temperaturamplitudendämpfung: > 100  
Phasenverschiebung: nicht relevant  
Wärmekapazität innen: 338 kJ/m²K



- ① Parkett (20 mm)
- ② Filzunterlage (3 mm)
- ③ Zementestrich (45 mm)
- ④ Dämmung alt (40 mm)
- ⑤ Beton armiert (200 mm)
- ⑥ STEICOduo dry (60 mm)
- ⑦ Kalkputz (7 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,045 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Unbeheizter Raum: 10,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 19,0°C / 10,2°C

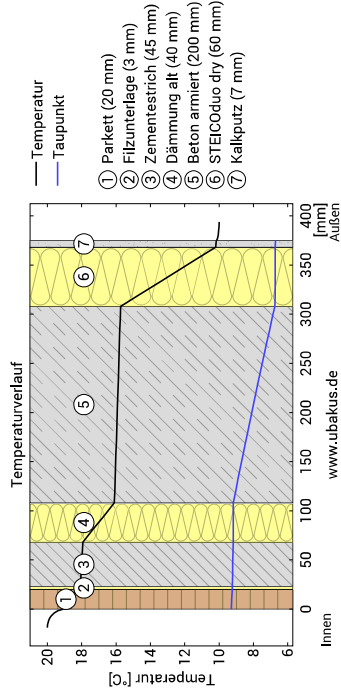
sd-Wert: 27,6 m

Dicke: 37,5 cm  
Gewicht: 585 kg/m²  
Wärmekapazität: 547 kJ/m²K

\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile.

Kellerdecke, U=0,41 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



- ① Parkett (20 mm)
- ② Filzunterlage (3 mm)
- ③ Zementestrich (45 mm)
- ④ Dämmung alt (40 mm)
- ⑤ Beton armiert (200 mm)
- ⑥ STEICOduo dry (60 mm)
- ⑦ Kalkputz (7 mm)

Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m³]
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
1	2 cm Parkett	0,130	0,154	19,0	20,0	10,0
2	0,3 cm Filzunterlage	0,050	0,060	18,3	19,0	0,4
3	4,5 cm Zementestrich	1,400	0,032	17,9	18,1	90,0
4	4 cm Dämmung alt	0,090	0,444	16,1	17,9	3,6
5	20 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,087	15,7	16,1	460,0
6	6 cm STEICOduo dry	0,045	1,333	10,2	15,7	10,8
7	0,7 cm Kalkputz	0,870	0,008	10,2	10,2	9,8
<b>Wärmeübergangswiderstand*</b>						
37,5 cm Gesamtes Bauteil		2,459				584,6

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden f<sub>si</sub>=0,25 und f<sub>se</sub>=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 19,0°C 19,0°C 19,0°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 10,2°C 10,2°C 10,2°C

Kellerdecke, U=0,41 W/(m²K)

## Feuchteschutz

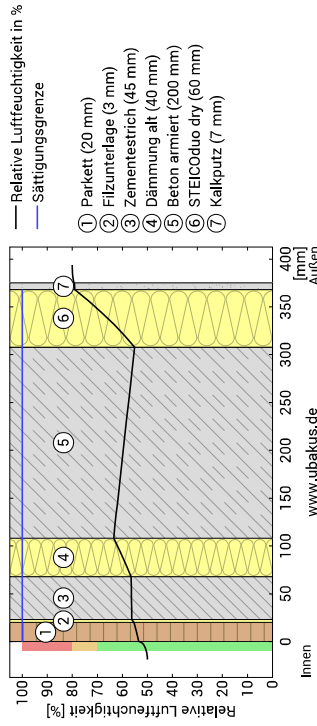
Für die Berechnung der Tauwasseremenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 10°C und 80% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	2 cm Parkett	0,60	-	-	10,0
2	0,3 cm Filzunterlage	0,05	-	-	0,4
3	4,5 cm Zementestrich	0,68	-	-	900
4	4 cm Dämmung alt	0,04	-	-	3,6
5	20 cm Beton armiert (1%)	26,00	-	-	4600
6	6 cm STEICOduo dry	0,18	-	-	10,8
7	0,7 cm Kalkputz	0,07	-	-	9,8
37,5 cm Gesamtes Bauteil					584,6

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 19,0 °C, was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 53% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.  
Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

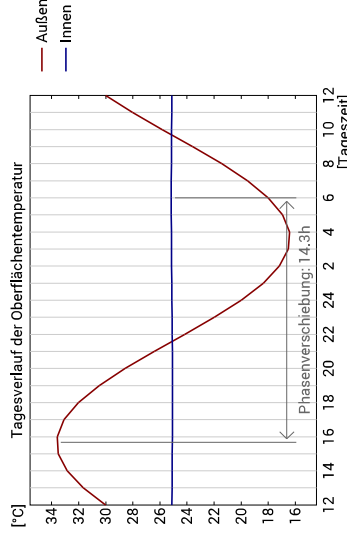
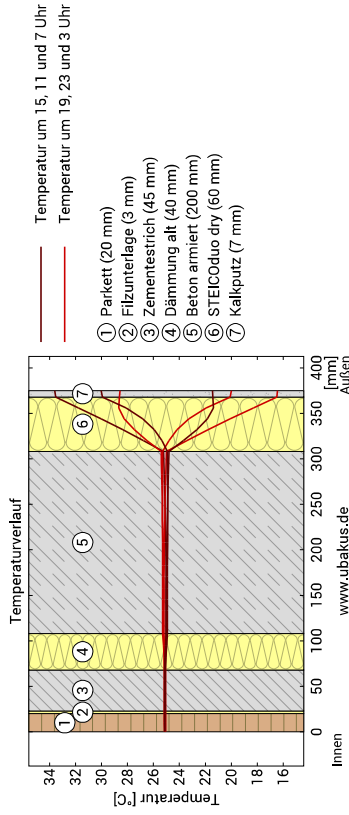


Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Kellerdecke, U=0,41 W/(m²K)

## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	nicht relevant	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	547 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	>100	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	338 kJ/m²K
TAV***	0,005		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizmaximum die Bauteilinnenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.



Alle Angaben ohne Gewähr

### Kellerdecke

Kellerdecke  
erstellt am 23.7.2020

### Wärmeschutz

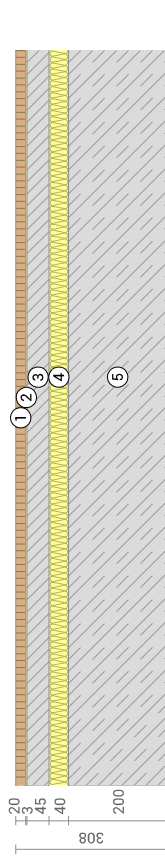
U = 0,89 W/(m²K)

### Feuchteschutz

Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

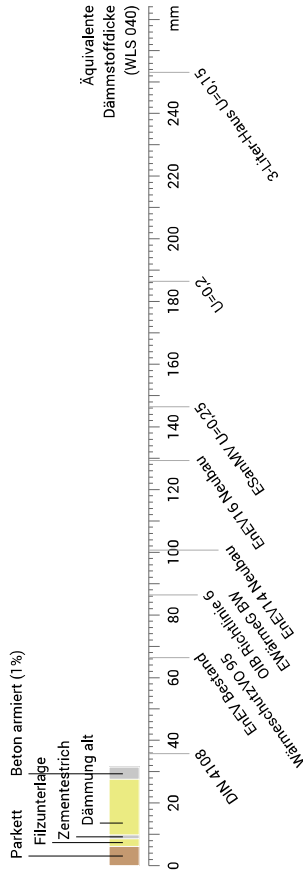
Temperaturamplitudendämpfung: 6,0  
Phasenverschiebung: 9,5 h  
Wärmekapazität innen: 96 kJ/m²K



- ① Parkett (20 mm)
- ② Filzunterlage (3 mm)
- ③ Zementestrich (45 mm)
- ④ Dämmung alt (40 mm)
- ⑤ Beton armiert (200 mm)

### Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff ungerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



Raumluft: 20,0°C / 50%  
Unbeheizter Raum: 10,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 17,7°C / 10,4°C

sd-Wert: 27,4 m

Dicke: 30,8 cm  
Gewicht: 564 kg/m²  
Wärmekapazität: 515 kJ/m²K

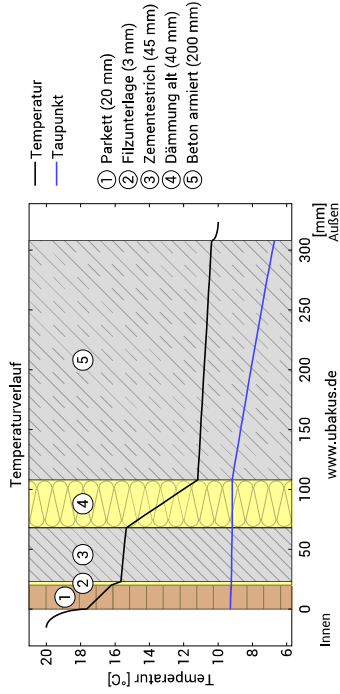
\*Vergleich mit dem Höchstwert gemäß Richtlinie 6 Absatz 10.2 des OIB (2011) für Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile.



Alle Angaben ohne Gewähr

Kellerdecke, U=0,89 W/(m²K)

### Temperaturverlauf



Verlauf von Temperatur und Taupunkt innerhalb des Bauteils. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

### Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C] min	Temperatur [°C] max	Gewicht [kg/m²]
1	2 cm Parkett	0,130	0,154	17,7	20,0	10,0
2	0,3 cm Filzunterlage	0,050	0,060	15,7	16,2	0,4
3	4,5 cm Zementestrich	1,400	0,032	15,4	15,7	90,0
4	4 cm Dämmung alt	0,090	0,444	11,2	15,4	3,6
5	20 cm Beton armiert (1%)	2,300	0,087	10,4	11,2	460,0
Wärmeübergangswiderstand*			0,170	10,0	10,4	
30,8 cm Gesamtes Bauteil			1,117			564,0

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden Rsi=0,25 und Rse=0,04 gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 17,7°C 17,7°C 17,7°C  
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 10,4°C 10,4°C 10,4°C

## Feuchteschutz

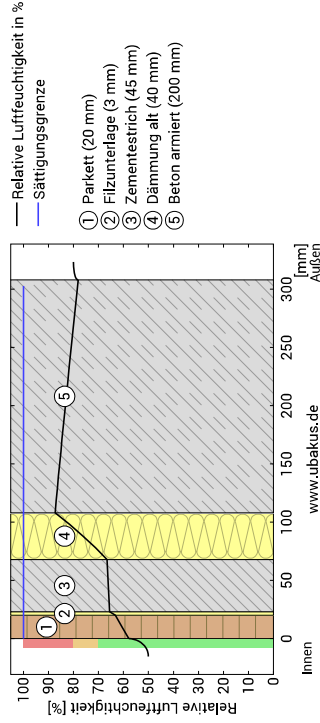
Für die Berechnung der Tauwasserermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:  
innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 10°C und 80% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m³]
1	2 cm Parkett	0,60	-	-	10,0
2	0,3 cm Filzunterlage	0,05	-	-	0,4
3	4,5 cm Zementestrich	0,68	-	-	900
4	4 cm Dämmung alt	0,04	-	-	3,6
5	20 cm Beton armiert (1%)	26,00	-	-	460,0
	30,8 cm Gesamtes Bauteil	27,36	-	-	564,0

## Luftfeuchtigkeit

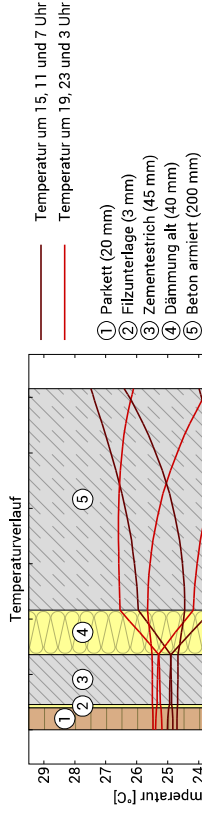
Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 17,7 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 58% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

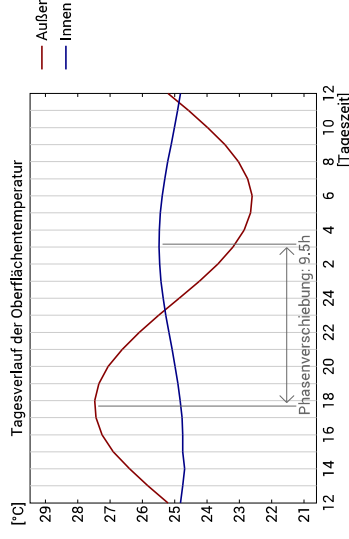
## Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Temperatur um 15, 11 und 7 Uhr  
Temperatur um 19, 23 und 3 Uhr

1 Parkett (20 mm)  
2 Filzunterlage (3 mm)  
3 Zementestrich (45 mm)  
4 Dämmung alt (40 mm)  
5 Beton armiert (200 mm)



**Obere Abbildung:** Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.  
**Untere Abbildung:** Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,5 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	515 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	60	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	96 kJ/m²K
TAV***	0,166		

\* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Heizemaximum die Bauweilenseite erreicht.  
\*\* Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.  
\*\*\*Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: TAV = 1/Amplitudendämpfung

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußböden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.







TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der  
Bezeichnung

## D I P L O M A R B E I T

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten  
Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbständig ausgeführt habe und alle  
verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

---

Datum

---

Unterschrift



## Danksagung

Ich möchte mich bei meinen Eltern für ihre Geduld, ihr  
Verständnis und ihre Unterstützung bedanken.

*Papa, das alles war nur für dich und nur mit deiner Unterstützung  
möglich, danke!*