Passivhaus Institut

Dokumentation
zur Zertifizierung der Komponente

Tekofix A++

Zertifizierte Passivhaus Komponente
Fassadenanker

im Auftrag der Firma

BEMO Systems GmbH
74532 Ilshofen-Eckartshausen

Bericht

Oktober 2019

Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt, GERMANY
Tel: 06151 8 26 299 0
Fax: 06151 8 26 99 11
mail@passiv.de
www.passiv.de

Autor: M.Eng. Adrian Muskatewitz

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 2
Vorgaben zur Wärmebrückenberechnung 3
Modellbildung 4
Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen 5
Modelle und Isothermen-/Temperaturverlaufsdarstellungen 7
Validierung der Ergebnisse an der Referenzfassade 8
Bewertung / Einordnung in Effizienzklasse 9
Zusammenfassung der Simulation 10
Referenzfassade / Verlegeplan 11
Anhang 12

Einleitung

Passivhäuser stellen aufgrund der Möglichkeit auf ein separates Heizsystem zu verzichten, hohe Anforderungen an die Qualität der verwendeten Bauteile. Neben einer exzellenten Wärmedämmung, hoher Luftdichtheit, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und Passivhausfenstern ist die Reduktion von Wärmebrücken der thermischen Hülle von herausragender Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Passivhauses. Um an dieser Stelle eine zuverlässige Qualität zu definieren, wird vom Passivhaus Institut das Zertifikat "Zertifizierte Passivhaus Komponente - Fassadenanker" vergeben. Für die korrekte Energiebilanz eines konkreten Gebäudes ist die Erfassung und Quantifizierung von Wärmebrücken entscheidend. Das Passivhaus Institut weist daher Wärmebrückenverlustkoeffizienten zertifizierter Komponenten als wesentlichen Teil der Untersuchungen in den Zertifikaten aus.
Als Energiekriterium wird jedoch der universellere Delta-U-Wert (ΔU [W/(m²K)]) für eine Referenzfassade herangezogen. Dabei ist ΔU hier der zusätzliche Wärmeverlust, der durch den Einsatz der Fassadenanker durch die Fassade der Beispielgebäude entsteht.

Eine Konstruktion in einer Außenfläche kann das Siegel „Zertifizierte Passivhaus Komponente – Fassadenanker“ erhalten, wenn die Summe der Wärmebrücken des betreffenden Bauteils (hier die Fassadenanker) dividiert durch die Fläche des Bauteils (hier die Fassadenfläche des Referenzgebäudes) und das flächenbezogene Gewicht der Fassadenbekleidung und Unterkonstruktion kleiner, oder gleich 0,200 W/(kN*K) ist:

$$\frac{\left(\frac{\Sigma(\Psi_j \cdot l) + \Sigma\chi_j}{A}\right)}{G} \leq 0{,}200\ W/(kNK)$$

Der Grenzwert bezieht sich stets auf konkrete Bauteile, deren Wärmebrückenverlust-koeffizienten in üblicher Weise in einer Gebäudeprojektierung eingesetzt werden. In jedem Fall sind die Wärmebrücken in die Energiebilanz einzubeziehen.

Zur Zertifizierung wird die Konstruktion an einer vom Passivhaus Institut definierten und zur Verfügung gestellten Referenzfassade validiert.

Als weiteres Kriterium darf die Temperatur der Innenoberfläche an keiner Stelle der Wärmebrücke 17 °C (bei einer Außentemperatur von -10 °C und einer Innentemperatur von 20 °C) unterscheiten.

Zusätzlich sind die Luftdichtheit des Details und die Ausführbarkeit in der Praxis nachzuweisen.

Im Auftrag der BEMO Systems GmbH hat das Passivhaus Institut die thermischen Kennwerte des Fassadensystems Edelstahl-Halter für eine Passivhaus geeignete Fassade ermittelt. Der Systemaufbau orientiert sich an der jeweiligen Klimazone.

Die Berechnungen wurden mit dem dreidimensionalen Wärmestromprogramm SOLIDO (Version 2.0w) der Firma Physibel, Belgien, durchgeführt. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse.

Vorgaben zur Wärmebrückenberechnung

Tabelle 1 listet die in der Berechnung verwendeten Materialien und deren Wärmeleitfähigkeiten in Verbindung mit den für die Darstellung gewählten Farben auf. Quellen für die Wärmeleitfähigkeiten sind auf Rechenwerte korrigierte Labormesswerte bzw. einschlägige Normen.

Tabelle 1 Zuordnung von Farben und Wärmeleitfähigkeiten zu den eingesetzten Materialien

	Type	CEN-rule	**Name**	Pat.	Mesh [mm]	Raster	λ [W/mK]
	MATERIAL		Therm_Trennelement		100.00	NORMAL	0.100
	MATERIAL		Nichtrostender Stahl		100.00	NORMAL	17.000
	MATERIAL		Aluminium		100.00	NORMAL	160.000
	MATERIAL		Innenputz		100.00	NORMAL	0.510
	MATERIAL		Wärmedämmung WLG035		100.00	NORMAL	0.035
	MATERIAL		Moertel		100.00	NORMAL	1.400
	MATERIAL		Stahlbeton		100.00	NORMAL	2.300

Für etwaige Lufteinschlüsse und Hohlkammern werden äquivalente Wärmeleitfähigkeiten entsprechend der Größe und Strahlungstemperaturen angesetzt.

Randbedingungen

Die gewählten Randbedingungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Wärmeübergangskoeffizienten an den äußeren und inneren Oberflächen

Randbedingungen	
Temperatur der Außenluft [°C]	-10,00
Wärmeübergang außen (hinterlüftete Fassade) [W/(m²K)]	7,69
Temperatur der Innenluft [°C]	20,00
Wärmeübergang innen [W/(m²K)]	7,69

Modellbildung

Es werden originalgetreue 3D-Modelle der Fassadenanker für die Simulation verwendet. Die Modelle für die Anker werden vom Hersteller zur Verfügung gestellt. Die Zertifizierung umfasst die Simulation von Fassadenankern verschiedener Laststufen, respektive eine Festpunktvariante mit Flachblechstahl.

Die Ankermodelle wurden zur Ermittlung der jeweiligen Wärmebrückenverlustkoeffizienten in eine Betonwand mit 28 cm Wärmedämmung (λ = 0,035 W/(mK)) eingesetzt. Dabei bleibt die Einbausituation bezüglich ihrer Abmessungen und ihrer thermischen Eigenschaften immer gleich. Lediglich die eingesetzten Anker bzw. Ankerkomponenten und Fassadenunterkonstruktionen variieren. Der Wärmestrom durch die ungestörte Wand beträgt nach SOLIDO 3,59 W (bei 28cm Dämmung), entsprechend einem U-Wert von 0,1195 W/(m²K). (Modellgröße 1,00 m x 1,00 m).

Zur dreidimensionalen Wärmestromberechnung wurde das Modell durch ein dreidimensionales Netz in finite Elemente aufgeteilt. Im Bereich der Anker beträgt die Maschenweite des Netzes 0,5x0,5x0,5 mm. Sie nimmt zu den Rändern des Modells zu. Insgesamt umfasst das Modell ca. 7 Millionen Knoten.

Modellabmessungen	
Höhe	1000 mm
Tiefe	600 mm
Breite	1000 mm

Wandaufbau (U= 0,1195 W/(m²K))	
Hinterlüftung	
Dämmung	280 mm
Betonwand	175 mm
Innenputz	15 mm

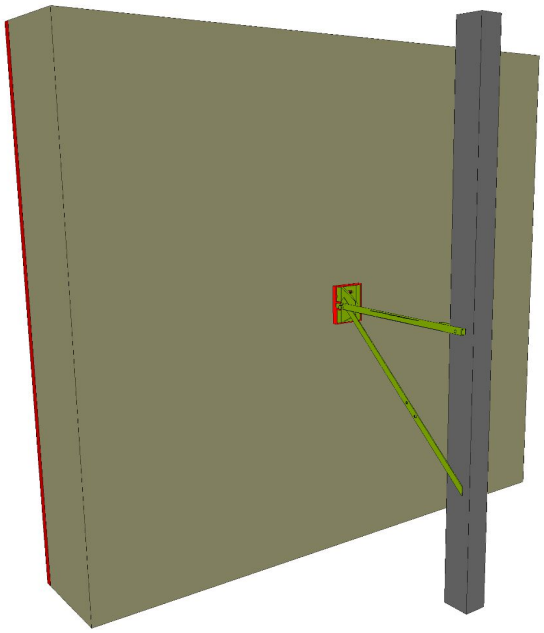


Abb. 1: Perspektivische Darstellung des Modells Festpunkt mit Flachblechstahl ohne Wärmedämmung

Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen

Tabelle 3: Wärmebrückenverlustkoeffizienten und Oberflächentemperaturen der untersuchten Fassadenanker bei 28 cm Dämmstärke (U= 0,1195 W/(m²K))

Typ	$\theta_{i,min,\ WB}$ [°C]	χ_{WB} [W/K]
Anker waagerecht	19,50	0,0024
Anker geneigt	19,51	0,0016
Festpunkt	19,40	0,0041
Festpunkt Flachblech	19,50	0,0029
Grün unterlegt = Anforderung erfüllt		Rot unterlegt = Anforderung nicht erfüllt

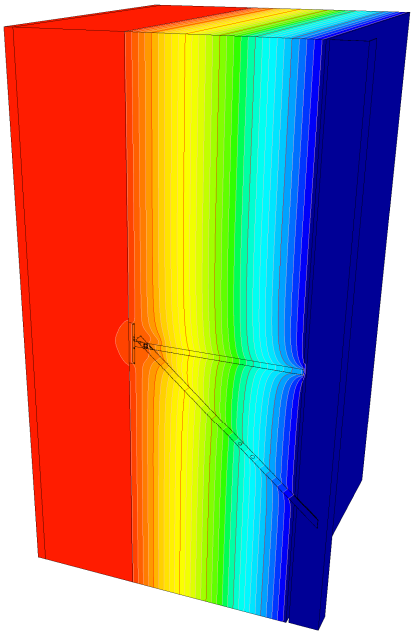


Abb. 2: Darstellung der Isothermen am Beispiel des Festpunktes mit Flachblechstahl

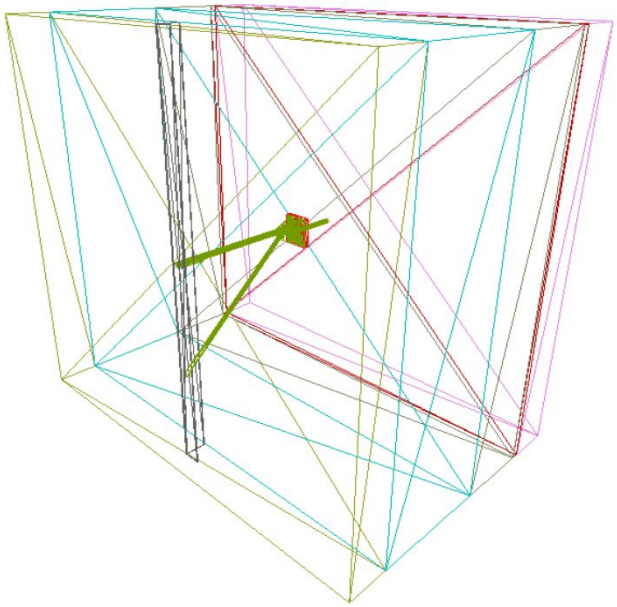


Abb. 3: Modelldarstellung

Übersicht der Ergebnisse aus der Wärmestromsimulation

Typ: Stahlbeton, 28 cm Dämmung WLG035, Hinterl. (U = 0,119 W/(m²K))	**Anker waagerecht**	
θ_i [°C] / θ_a [°C]	-10,0	20,0
Modellhöhe [m] / **Modellbreite** [m]	1,00	1,00
$Q_{Solido,\ ungestört}$ [W] / U_{Wand} [W/(m²K)]	3,58595	0,11953
$Q_{Solido,\ WB}$ [W]	3,6593	
$\theta_{i,\ min,\ WB}$ [°C]	19,50	
χ_{WB} [W/K]	**0,0024**	
Typ: Stahlbeton, 28 cm Dämmung WLG035, Hinterl. (U = 0,119 W/(m²K))	**Anker Zugstab**	
θ_i [°C] / θ_a [°C]	-10,0	20,0
Modellhöhe [m] / **Modellbreite** [m]	1,00	1,00
$Q_{Solido,\ ungestört}$ [W] / U_{Wand} [W/(m²K)]	3,58595	0,11953
$Q_{Solido,\ WB}$ [W]	3,6343	
$\theta_{i,\ min,\ WB}$ [°C]	19,51	
χ_{WB} [W/K]	**0,0016**	

Typ: Stahlbeton, 28 cm Dämmung WLG035, Hinterl. (U = 0,119 W/(m²K))	**Festpunkt Flachblechstreifen**	
θ_i [°C] / θ_a [°C]	-10,0	20,0
Modellhöhe [m] / **Modellbreite** [m]	1,00	1,00
$Q_{Solido,\ ungestört}$ [W] / U_{Wand} [W/(m²K)]	3,58595	0,11953
$Q_{Solido,\ WB}$ [W]	3,6727	
$\theta_{i,\ min,\ WB}$ [°C]	19,50	
χ_{WB} [W/K]	**0,0029**	
Typ: Stahlbeton, 28 cm Dämmung WLG035, Hinterl. (U = 0,119 W/(m²K))	**Festpunkt (Kombination geneigter und waagerechter Halter)**	
θ_i [°C] / θ_a [°C]	-10,0	20,0
Modellhöhe [m] / **Modellbreite** [m]	1,00	1,00
$Q_{Solido,\ ungestört}$ [W] / U_{Wand} [W/(m²K)]	3,58595	0,11953
$Q_{Solido,\ WB}$ [W]	3,7100	
$\theta_{i,\ min,\ WB}$ [°C]	19,40	
χ_{WB} [W/K]	**0,0041**	

Tabelle 4: Übersicht der Ergebnisse

Modelle und Isothermendarstellungen/Temperaturverlauf

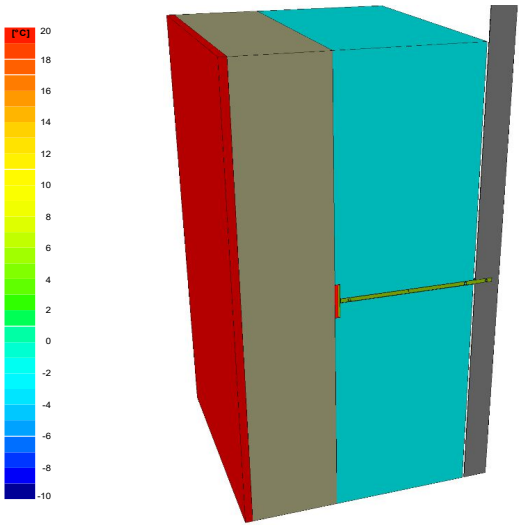


Abb. 4: Modell waagerecht

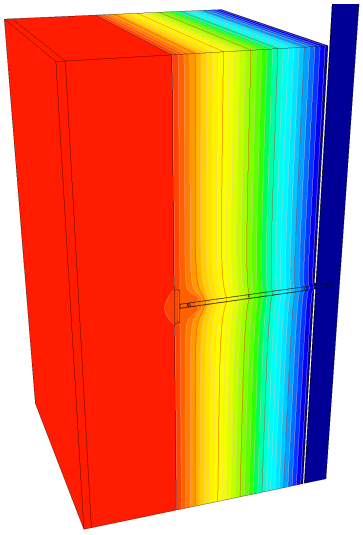


Abb. 5: Isothermen/Temperaturlauf waagerecht

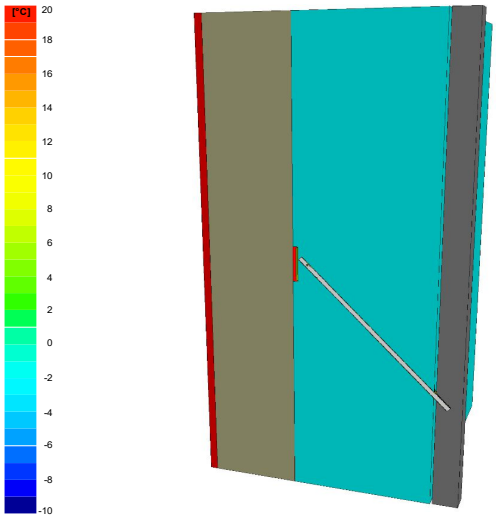


Abb. 6: Modell geneigt

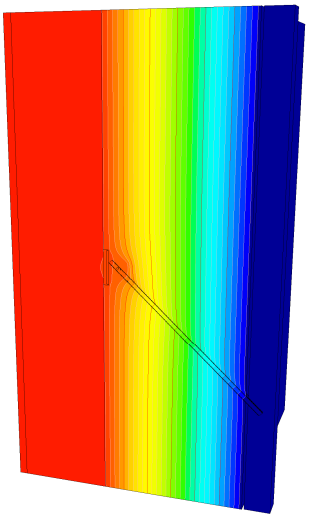


Abb. 7: Isothermen/Temperaturverlauf geneigt

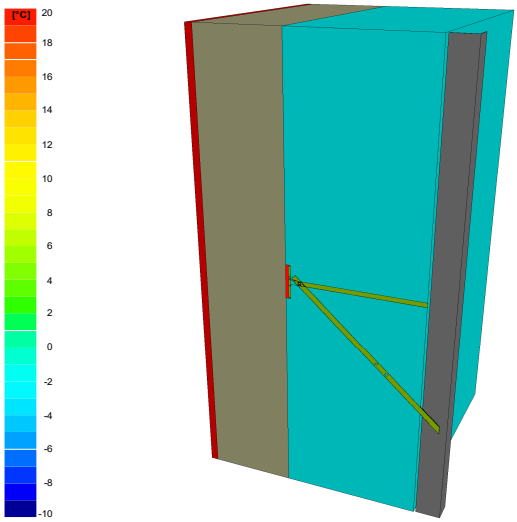


Abb. 8: Modell FP Flachblech

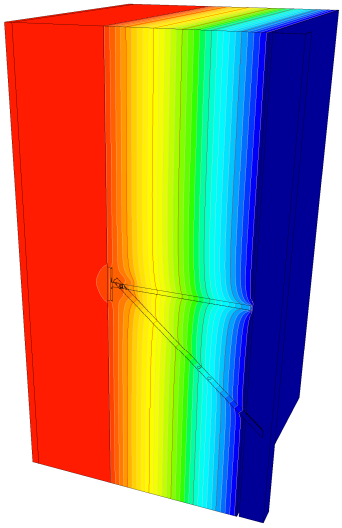


Abb. 9: Isothermen/Temperaturverl. FP

Validierung der Ergebnisse an der Referenzfassade

Um einen realitätsnahen Wärmebrückenzuschlagskoeffizienten ΔU [W/m²K] an einem konkreten Gebäuden nachzuweisen, wird eine vom Passivhaus Institut zur Verfügung gestellte Referenzfassade durch den Auftraggeber mit einem realistischen Netz aus Ankern belegt (siehe Anhang), die folgende Tabelle listet die benötigte Ankeranzahl auf.

Lastklasse / Fassadengewicht		Wärmebrückenkennwerte [W/K]		Anzahl / m²		[W/m²K]	[W/(kNK)]
LK / Material	[kN/m²]	FP	GP	FP	GP	ΔU	Eff. $_{fa}$
ACM	0,10	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0510
HPL-Platte	0,15	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0340
Faserzementplatte	0,20	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0255
Faserzementplatte	0,25	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0204
Glasfassade	0,30	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0170
Marmor	0,60	0,0041	0,0024	0,721	0,891	0,0051	0,0085

Tabelle 5: Anzahl der Fassadenanker für die Referenzfassade

Validierung an Referenzfassade	Δ_U [W/m²K]
LK VI	**0,0051**

Lastklasse (LK)	Fassaden-bekleidung	Fassadengewicht [kN/m²]	Effizienzkriterium erfüllt?
I	ACM-Bekleidung	0,10	ja
II	HPL-Bekleidung	0,15	ja
III	Faserzementplatte	0,20	ja
IV	Faserzementplatte	0,25	ja
V	Glasfassade	0,30	ja
VI	Marmor	0,60	ja

Bewertung / Einordnung in Effizienzklasse

Anhand der Kennwerte aus den hergereichten Unterlagen (Verlegeplan, statische Bemessung, Eigengewicht der Fassade und Unterkonstruktion) und den thermischen Kennwerten aus der Wärmestromsimulation wird neben dem Wärmebrückenzuschlagskoeffizienten auch eine gewichtsbezogene Energieeffizienz-Kennziffer ausgegeben. Diese setzt sich aus den Wärmebrückenverlustkoeffizienten, der benötigten Anzahl der Anker pro m², sowie dem Eigengewicht der Fassade zusammen.

Effizienzklasse = $$\frac{\left(\frac{\Sigma(\Psi_j \cdot l) + \Sigma\chi_j}{A}\right)}{G}$$ **= 0,0085 W/kNK**

Effizienzklasse	Anforderung	Bezeichnung
cool, temperate climate ph C CERTIFIED COMPONENT Passive House Institute	< 0,200 W/(kN K)	certifiable component
cool, temperate climate ph B CERTIFIED COMPONENT Passive House Institute	< 0,070 W/(kN K)	basic component
cool, temperate climate ph A CERTIFIED COMPONENT Passive House Institute	< 0,030 W/(kN K)	advanced component
cool, temperate climate ph A+ CERTIFIED COMPONENT Passive House Institute	< 0,010 W/(kN K)	very advanced component

Lastklasse / Fassadengewicht		Wärmebrückenkennwerte [W/K]	
LK	[kN/m²]	X_{FP}	X_{GP}
VI	0,60	0,0041	0,0024
Energieeffizienz	ΔU	Anzahl m²	
[W/(kNK)]	[W/m²K]	FP	GP
0,0085	0,0051	0,721	0,891

Tabelle 6: Übersicht der Ergebnisse / Einordnung in Lastklassen

Zusammenfassung der Simulation

Die untersuchte Komponente "Tekofix A++ der BEMO Systems GmbH stellt eine gelungene und bezüglich der geprüften Parameter funktionierende Konstruktion einer Zertifizierten Passivhaus Komponente dar. Die Berücksichtigung der zusätzlichen Verluste in der Energiebilanz ist dabei unerlässlich. Die Komponente erfüllt die Kriterien des Energiekriteriums und der Mindestoberflächentemperaturen. Die punktuellen Wärmebrückenverlustkoeffizienten erhöhen sich bei geringer Wärmeleitfähigkeit und Dämmstärke der Dämmung. Dieser Umstand muss neben dem korrekten Wärmebrückeneintrag in der Projektierung / Bilanzierung berücksichtigt werden. Die Eignung wurde für das kalte Klima nachgewiesen.

Weitere Herstellerangaben

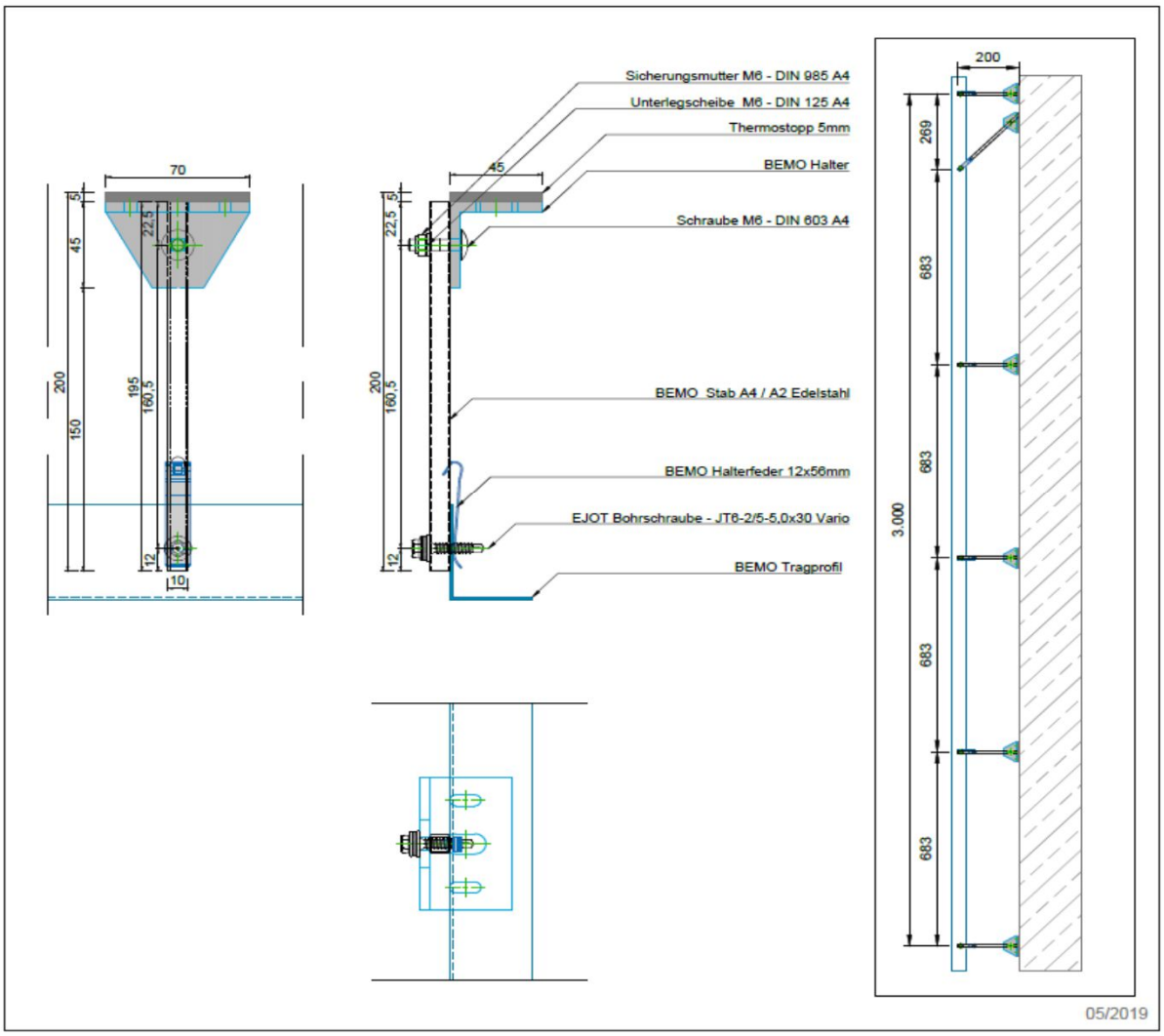
Gemäß den Kriterien und Algorithmen des Passivhaus Instituts, "Zertifizierte Passivhaus Komponente - Fassadenanker", versichert der Auftraggeber eine realititsnahe und bautechnisch praktikable Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Fassadenankern zu ermitteln, welche unter Angaben der statisch erforderlichen Parameter zu dokumentieren sind. Dazu werden dem Auftraggeber Zeichnungen zur Verfügung gestellt, die für die Berechnungen heranzuziehen sind. Der für die Berechnung zu Grunde liegende Verlegeplan und statische Berechnung kann dem Anhang entnommen werden.

Statische Bemessung

Eine statische Berechnung wurde vom Hersteller hergereicht und kann auf Anfrage herausgegeben werden. Die dargestellten Lastfälle wurden gem. den Vorgaben der Zertifizierungskriterien nachgewiesen.

Referenzfassade / Verlegeplan

Anhang:


Sicherungsmutter M6 - DIN 985 A4
Unterlegscheibe M6 - DIN 125 A4
Thermostopp 5mm
BEMO Halter
Schraube M6 - DIN 603 A4
BEMO Stab A4 / A2 Edelstahl
BEMO Halterfeder 12x56mm
EJOT Bohrschraube - JT6-2/5-5,0x30 Vario
BEMO Tragprofil
70
45
200
150
195
160,5
22,5
12
10
5
269
683
3.000
05/2019

Statische Bemessung:

Last- und Systemannahmen:

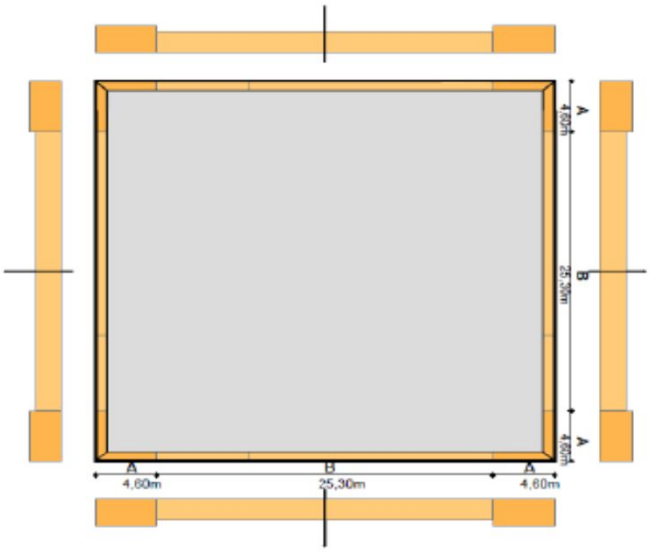
Eigenlast der Fassadenbekleidung (↓) pro m Wandbreite: g ≤ 0,730 kN/m²

Schneelast ist bei der Wand nicht maßgebend und wird nicht berücksichtigt!

Höhenlage [müNN]: $H_{müNN}$ =
Windzone: 1
Geländekategorie: III
Gebäudeabmessungen [m]: B / L / H = 34,50 / 34,50 / 11,50
Böengeschwindigkeitsdruck [kN/m²]: q = 0,53
Innendruckbeiwerte für: kein Innendruck
(Unterdruck) $c_{p,i,S}$ = 0,00 | (Überdruck) $c_{p,i,D}$ = 0,00

WINDBEREICHE		A	B	C	D(Luv)	
Windbeiwert $c_{p,a,10}$	---	-1,20	-0,80	-0,50	0,80	
Windbeiwert $c_{p,a,1}$	---	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	
Windlast $w_{10,k}$	kN/m²	-0,64	-0,42	-0,27	0,42	
Windlast $w_{1,k}$	kN/m²	-0,74	-0,58	-0,27	0,53	

Übersichtsskizze Fassadenflächeneinteilung:



resultierende Belastung für Tragprofil:

Belastung Tragstab max. Abstand e= 0,84 m

Windsog: wsk = -0,74 kN/m² x 0,84 m = -0,62 kN/m
Winddruck: wdk = 0,53 kN/m² x 0,84 m = 0,45 kN/m
Fassadenlast: qk = 0,73 kN/m² x 0,84 m = 0,61 kN/m

Belastung Tragstab max. Abstand e= 0,71 m

Windsog: wsk = -0,74 kN/m² x 0,71 m = -0,53 kN/m
Winddruck: wdk = 0,53 kN/m² x 0,71 m = 0,38 kN/m
Fassadenlast: qk = 0,73 kN/m² x 0,71 m = 0,52 kN/m