

Bericht 2020-B-041.10a

**Neubau Pädagogik-Seminargebäude
der FU-Berlin**

Thermische Bauphysik

Nachweis der Unbedenklichkeit der Tauwasserbildung in den Bauteilquerschnitten gemäß
DIN 4108-3 „Wärmeschutz und Energieeinsparung
in Gebäuden – Klimabedingter Feuchteschutz“

2023-03-04: Erstfassung

2024-12-17: Index a, Änderung der Dachabdichtung der Dächer DA03 und
DA04 in FPO-Bahnen

-----, 2024-12-17

Der Bericht umfasst 18 Textseiten
und 55 Anlagenseiten

Telefon ----

Telefax ----

eMail ----

Inhalt

Seite 4	1.	Aufgabenstellung
Seite 4	2.	Bearbeitungsunterlagen
Seite 6	3.	Regelwerke und Anforderungen
Seite 6	3.1	Regelwerke und Veröffentlichungen
Seite 8	3.2	Anforderungen
Seite 10	4.	Nachweis des Tauwasserschutzes
Seite 10	4.1	Außenwände
Seite 10	4.1.1	Außenwand AW02
Seite 11	4.1.2	Außenwand AW03
Seite 11	4.1.3	Außenwand AW04
Seite 12	4.1.4	Außenwand AW05
Seite 12	4.1.5	Außenwand AW06
Seite 13	4.1.6	Außenwand AW07
Seite 13	4.1.7	Außenwand AW08
Seite 14	4.1.8	Außenwand AW09
Seite 14	4.1.9	Außenwand AW10
Seite 15	4.1.10	Außenwand AW11
Seite 15	4.2	Dachkonstruktionen
Seite 15	4.2.1	Dach DA01
Seite 16	4.2.2	Dach DA02
Seite 17	4.2.3	Dach DA03
Seite 18	4.2.4	Dach DA04

1.
Aufgabenstellung

Die Freie Universität Berlin plant den Neubau eines Büro- und Seminargebäudes in der Habelschwerdter Allee in Berlin. Der vorliegende Bericht enthält den Nachweis der Unbedenklichkeit der Außenbauteile in Bezug auf eine Tauwasserbildung im Innern der Bauteile gemäß DIN 4108-3.

2.
Bearbeitungsunterlagen

Der Bearbeitung lagen nachstehende Planunterlagen zugrunde.

- Grundriss Erdgeschoss, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Grundriss 1. Obergeschoss, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Grundriss 2. Obergeschoss, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Grundriss Dachausstieg, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Grundriss Dachaufsicht, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Ansichten Innenhof, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Ansichten Nord und Süd, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Ansichten Ost und West, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Schnitte, A-A | B-B, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Schnitte, C-C | D-D | E-E, Maßstab M 1 : 100, Genehmigungsplanung, 2022-08-05
- Fassadenschnitt FS A1 - Büro Süd, Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung, 2022-04-01
- Fassadenschnitt FS A2 - Büro West, Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung, 2022-04-01

- Fassadenschnitt FS A3 - Foyer / Seminarräume,
Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung,
2022-04-01
- Fassadenschnitt FS A4 - Treppenhaus West,
Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung,
2022-04-01
- Fassadenschnitt FS A5 - Treppenhaus Ost,
Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung,
2022-04-01
- Fassadenschnitt FS B1 - Flur,
Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung,
2022-04-01
- Fassadenschnitt FS B2 - Terrasse,
Maßstab M 1 : 100, Entwurfsplanung,
2022-04-01
- Bauteilübersicht, Maßstab M 1 : 5, Genehmigungsplanung, 2022-10-24

3. Regelwerke und Anforderungen

Der feuchteschutztechnischen Bearbeitung lagen nachstehende Regelwerke und Veröffentlichungen zugrunde:

3.1

Regelwerke und Veröffentlichungen

- [1] DIN 4108-2: 2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] DIN 4108-3: 2018-10, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [3] DIN 4108-4: 2020-11, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Wärme- und feuchtetechnische Bemessungswerte
- [4] DIN EN ISO 10456: 2010-05, Baustoffe und Bauprodukte, Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte
- [5] DIN EN ISO 6946: 2018-03, Bauteile, Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
- [6] DIN 68800-1: 2019-06, Holzschutz - Allgemeines
- [7] DIN 68800-2: 2022-02, Holzschutz - Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [8] Ackermann, T./Kießl, K./Grafe, M.; Systematische rechnerische Untersuchungen zur ergänzenden Absicherung vereinfachter nationaler Klima-Randbedingungen bei der Übernahme des Diffusionsnachweisverfahrens gemäß EN ISO 13788 in die nationale Feuchteschutznorm DIN 4108-3; Fraunhofer IRB Verlag 2012
- [9] Ackermann, T./Feldmeier, F./Kießl, K./Steinbach, S.; Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz, Kommentar zu DIN 4108-2: 2013-02

- [10] Ackermann, T./Kießl, K.; Klimabedingter Feuchteschutz von Außenbauteilen, Kommentar zu DIN 4108-3: 2014-11

- [11] Glauner, R./Grosser, D./Melcher, E./Plarre, R.; Holzschutz Praxiskommentar zu DIN 68800 Teile 1 bis 4, Beuth-Verlag Berlin 2019

3.2 Anforderungen

Die DIN 4108 stellt im Teil 3 Anforderungen an den klimabedingten Feuchtigkeitsschutz. Durch diese Anforderungen sollen unter anderem die Einwirkungen von Tauwasser aus der Raumluft unter winterlichen Bedingungen so begrenzt werden, dass Schäden vermieden werden. Die Anforderungen und Hinweise der DIN 4108-3 beziehen sich auf die Bauteile nach Abgabe der Rohbaufeuchte. In der Phase der Bautrocknung können Verhältnisse auftreten, die besonders berücksichtigt werden müssen und zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen. In dem vorliegenden Bericht wird die Unbedenklichkeit der Außenbauteile nach Abgabe der Rohbaufeuchte nachgewiesen.

Der Nachweis der feuchtetechnischen Unbedenklichkeit von Baukonstruktionen erfolgt mithilfe einer dreistufigen. Die 1. Stufe ist die Auswahl einer nachweisfreien Konstruktion, die 2. Stufe der einfache Nachweis mithilfe des Periodenbilanzverfahrens und die 3. Stufe der Nachweis durch hygrothermische Simulation. Die 1. und die 2. Stufe sind ausschließlich auf Bauteile von nicht klimatisierten Wohn- oder Nichtwohngebäuden anwendbar. Die Räume im Pädagogik-Seminargebäude sind nicht klimatisiert.

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen, die durch Erhöhung der Stofffeuchte von Bau- und Wärmedämmstoffen zu Materialschädigungen oder zu Beeinträchtigungen der Funktionssicherheit führt, ist zu vermeiden. Sie gilt als unschädlich, wenn die wesentlichen Anforderungen, zum Beispiel Wärmeschutz, Standsicherheit, sichergestellt sind. Dies wird in der Regel erreicht, wenn die im Folgenden in a) bis d) aufgeführten Bedingungen erfüllt sind:

- a) die Baustoffe, die mit Tauwasser in Berührung kommen, dürfen nicht geschädigt werden (zum Beispiel durch Korrosion, Pilzbefall);
- b) das während der Tauperiode im Innern des Bauteils anfallende Wasser muss während der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden können, das heißt $M_c \leq M_{ev}$;
- c) bei Dächern und Wänden gegen Außenluft sowie bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen darf im Bauteilquerschnitt eine maximale

flächenbezogene Tauwassermasse M_c von insgesamt $1,0 \text{ kg/m}^2$ (allgemein) beziehungsweise $0,5 \text{ kg/m}^2$ (an Berührungsflächen von Schichten, von denen mindestens eine nicht kapillar Wasseraufnahmefähig ist) nicht überschritten werden. Bei Holzbauteilen ist gegebenenfalls eine rechnerische Trocknungsreserve einzuhalten (siehe DIN 68800-2);

Als kapillar nicht Wasseraufnahmefähige Schichten gelten hier solche mit $W_w < 0,1 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$. Dazu zählen zum Beispiel Metalle, Folien, die überwiegende Zahl der Dämmstoffe aus Schaumkunststoffen oder Mineralwolle.

- d) bei Holz ist eine Erhöhung des massebezogenen Feuchtegehaltes u um mehr als 5 %, bei Holzwerkstoffen um mehr als 3 % unzulässig. Diese Grenzen gelten nicht für Holzwole-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN EN 13168.

Der Nachweis des Tauwasserschutzes für ein Bauteil besteht darin, nachzuweisen, dass eine Erhöhung der Stofffeuchte von Bau- und Wärmedämmstoffen zu keinen Materialschädigungen oder zu Beeinträchtigungen der Funktionssicherheit führt. Bauteilen, in denen kein Tauwasser anfällt, sind grundsätzlich unbedenklich in Bezug auf die Tauwasserbildung. Bauteile, in denen Tauwasser anfällt, sind unkritisch, wenn die anfallende Tauwassermenge gering ist und innerhalb einer Verdunstungsperiode wieder austrocknen kann. Sofern Tauwasser in einem Bauteil anfällt, ist dieses Bauteil somit nicht grundsätzlich als kritisch in Bezug auf die Tauwasserbildung einzustufen. Die Bewertung ist von der Tauwassermenge und dem Austrocknungszeitraum abhängig.

Unabhängig davon sind diejenigen Bauteile als unkritisch zu beurteilen, die sich seit Jahren/Jahrzehnten bewährt haben, auch dann wenn rechnerisch eine Tauwasserbildung zu erwarten ist. Diese als unkritisch zu bewertenden Bauteile und Bauteilaufbauten sind in der DIN 4108-3 beschrieben.

4. Nachweis des Tauwasser- schutzes

Die Bewertung der Außenwand- und Dachaufbauten erfolgt in der Reihenfolge der Bauteilübersicht der Architekten. Es sind nur die in der Bauteilübersicht beschriebenen Außenbauteile zu bewerten. Für Innenbauteile wird üblicherweise kein Nachweis der Unbedenklichkeit in Bezug auf eine Tauwasserbildung geführt.

4.1 Außenwände

4.1.1 Außenwandaufbau AW02

Die Außenwandkennung AW01 ist in der Bauteilübersicht als Platzhalter vergeben. Die Außenwand AW02 ist eine Holzständerwand mit einer Tiefe der Holzständer von 100 mm. Die Außenwand erhält raumseitig eine freistehende Gipskarton-Vorsatzschale. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

12,5 mm	Gipskarton-Bauplatte
75 mm	Metall-C-Profil, darin eingestellt 60 mm Mineralfaser der WLS 035
20 mm	Profilabstand zur Wand
12,5 mm	Gipskarton-Feuerschutzplatte
0,2 mm	Dampfsperre und Luftdichtungs- schicht mit einem s_d -Wert $s_d \geq 2,0 \text{ m}$
15 mm	OSB/4-Platte
100 mm	Holzständer, dazwischen 100 mm Mineralfaserdämmung der WLS 035
15 mm	OSB/4-Platte
-	bauzeitlicher Feuchtigkeitsschutz- mit einem s_d -Wert $s_d \leq 4,5 \text{ m}$
40-150 mm	belüftete Luftschicht, beziehungs- weise Unterkonstruktion der vorge- hängten hinterlüfteten Fassadenbe- kleidung

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Die bei einer Berechnung gemäß DIN 4108-3 rechnerisch anfallende Tauwassermenge beträgt $M_c = 138 \text{ kg/m}^2$ und trocknet in der so genannten Verdunstungsperiode vollständig aus. Die mögliche Verdunstungsmenge beträgt $M_{ev} = 412 \text{ kg/m}^2$ und ist somit deutlich größer als die mögliche Tauwassermenge. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 2 entnommen werden.

4.1.2

Außenwandaufbau AW03

Die Außenwand AW03 ist eine Holzständerwand mit einer Tiefe der Holzständer von 160 mm. Die Außenwand erhält raumseitig eine an Schwingbügeln befestigte Gipskarton-Vorsatzschale. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

12,5 mm	Gipskarton-Bauplatte
27 mm	Metall-CD-Profil, beziehungsweise Luftschicht darin
30 mm	Mineralfaser der WLS 035
12,5 mm	Gipskarton-Feuerschutzplatte
0,2 mm	Dampfsperre und Luftdichtungsschicht mit einem s_d -Wert $s_d \geq 2,0$ m
15 mm	OSB/4-Platte
160 mm	Holzständer, dazwischen 160 mm Mineralfaserdämmung der WLS 035
15 mm	OSB/4-Platte
-	bauzeitlicher Feuchtigkeitsschutz mit einem s_d -Wert $s_d \leq 4,5$ m
40-150 mm	belüftete Luftschicht, beziehungsweise Unterkonstruktion der vorgehängten hinterlüfteten Fassadenbekleidung

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Die bei einer Berechnung gemäß DIN 4108-3 rechnerisch anfallende Tauwassermenge beträgt $M_c = 192 \text{ kg/m}^2$ und trocknet in der so genannten Verdunstungsperiode vollständig aus. Die mögliche Verdunstungsmenge beträgt $M_{ev} = 406 \text{ kg/m}^2$ und ist somit deutlich größer als die mögliche Tauwassermenge. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 3 entnommen werden.

4.1.3

Außenwand AW04

Die Außenwand der Aufzugsunterfahrt ist eine ungedämmte Stahlbetonaußenwand. Die Wand weist folgenden Aufbau von innen nach außen auf.

250 mm	Stahlbetonwand
10 mm	zweilagige Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen gemäß DIN 18533

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 4 entnommen werden.

4.1.4

Außenwand AW05

Die Außenwand AW05 ist eine Holzständerwand mit einer Tiefe der Holzständer von 100 mm. Die Außenwand erhält raumseitig keine weitere Vorsatzschale. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

12,5 mm	Gipskarton-Feuerschutzplatte
0,2 mm	Dampfsperre und Luftdichtungsschicht mit einem s_d -Wert $s_d \geq 2,0$ m
15 mm	OSB/4-Platte
100 mm	Holzständer, dazwischen 100 mm Mineralfaserdämmung der WLS 035
15 mm	OSB/4-Platte
-	bauzeitlicher Feuchtigkeitsschutz mit einem s_d -Wert $s_d \leq 4,5$ m
40-150 mm	belüftete Luftschicht, beziehungsweise Unterkonstruktion der vorgehängten hinterlüfteten Fassadenbekleidung

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Die bei einer Berechnung gemäß DIN 4108-3 rechnerisch anfallende Tauwassermenge beträgt $M_c = 64 \text{ kg/m}^2$ und trocknet in der so genannten Verdunstungsperiode vollständig aus. Die mögliche Verdunstungsmenge beträgt $M_{ev} = 424 \text{ kg/m}^2$ und ist somit deutlich größer als die mögliche Tauwassermenge. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 5 entnommen werden.

4.1.5

Außenwand AW06

Die Außenwand AW06 ist eine Holzständerwand mit einer Tiefe der Holzständer von 100 mm. Die Außenwand erhält raumseitig eine freistehende Gipskarton-Vorsatzschale. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

	12,5 mm	Gipskarton-Bau- platte
50 mm		Metall-C-Profil, darin eingestellt 40 mm Mineralfaser der WLS 035
20 mm		Profilabstand zur Wand
12,5 mm		Gipskarton-Feuerschutzplatte
0,2 mm		Dampfsperre und Luftdichtigkeits- schicht mit einem s_d -Wert $s_d \geq 2,0$ m
15 mm		OSB/4-Platte
100 mm		Holzständer, dazwischen 100 mm Mineralfaserdämmung der WLS 035
15 mm		OSB/4-Platte
-		bauzeitlicher Feuchtigkeitsschutz- mit einem s_d -Wert $s_d \leq 4,5$ m
40-150 mm		belüftete Luftschicht, beziehungs- weise Unterkonstruktion der vorge- hängten hinterlüfteten Fassadenbe- kleidung

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Die bei einer Berechnung gemäß DIN 4108-3 rechnerisch anfallende Tauwassermenge beträgt $M_c = 140 \text{ kg/m}^2$ und trocknet in der so genannten Verdunstungsperiode vollständig aus. Die mögliche Verdunstungsmenge beträgt $M_{ev} = 433 \text{ kg/m}^2$ und ist somit deutlich größer als die mögliche Tauwassermenge. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 6 entnommen werden.

4.1.6 Außenwand AW07

Die Außenwand AW06 ist eine Holzständerwand mit einer Tiefe der Holzständer von 100 mm. Die Außenwand erhält raumseitig keine weitere Vorsatzschale. Die Wand weist den gleichen Aufbau auf wie die Wand AW05. Es gilt daher der Nachweis gemäß Abschnitt 4.1.4.

4.1.7 Außenwand AW08

Die Außenwandwand AW08 ist eine Stahlbetonwand, die innenseitig eine Gipskarton-Vorsatzschale erhält, die mit Schwingbügeln befestigt wird. Für die Wand ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

12,5 mm	Gipskarton-Bauplatte
27 mm	Metall-CD-Profil, beziehungsweise Luftschicht darin
30 mm	Mineralfaser der WLS 035
250 mm	Stahlbetonwand
10 mm	zweilagige Abdichtung aus Bitumen- schweißbahnen gemäß DIN 18533
80 mm	Wärmedämmung aus extrudiertem Poly- styrol der WLS 030

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 7 entnommen werden.

4.1.8

Außenwand AW09

Die Außenwandwand AW09 ist eine Stahlbetonwand, die innenseitig keine Gipskarton-Vorsatzschale erhält. Für die Wand ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

250 mm	Stahlbetonwand
10 mm	zweilagige Abdichtung aus Bitumen- schweißbahnen gemäß DIN 18533
80 mm	Wärmedämmung aus extrudiertem Poly- styrol der WLS 030

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 8 entnommen werden.

4.1.9

Außenwand AW10

Die Außenwand AW10 ist die Außenwand der über Dach geführten Haustechnikschächte. Die Schächte erhalten zur Außenseite eine Abmauerung aus Porenbeton. Die Mauerwerksaußenschale wird außenseitig zusätzlich mit einem Wärmedämmverbundsystems versehen. Für die Wand ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

- 250 mm Porenbeton-Mauerwerk aus Steinen der Rohdichte 800 kg/m³
- 10 mm zweilagige Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen gemäß DIN 18533 im Bereich der Hochführung der Dachabdichtung
- 80 mm Wärmedämmung aus expandiertem Polystyrol der WLS 035
- 10 mm Putzsystem des Wärmedämmverbundsystems

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 9 entnommen werden.

4.1.10 Außenwand AW11

Die Außenwand AW11 ist die Außenwand des über Dach geführten Treppenhauses B. Die Stahlbetonaußenwände werden außenseitig mit einem Wärmedämmverbundsystems versehen. Für die Wand ist folgender Aufbau von innen nach außen vorgesehen:

- 250 mm Stahlbetonwand
- 180 mm Wärmedämmung aus expandiertem Polystyrol der WLS 035
- 10 mm Putzsystem des Wärmedämmverbundsystems

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 10 entnommen werden.

4.2 Dachkonstruktionen

4.2.1 Dach DA01

Das Flachdach DA01 ist ein gefälleloses, begrüntes Retentionsdach. Der Dachaufbau bezieht sich auf verschiedene statische Unterkonstruktionen. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen geplant:

120	mm	Brettsperrholzplatte mit 140 mm Stahlbetonverbunddecke oder
200	mm	Stahlbetondecke oder
140	mm	Stahlbetonverbunddecke auf Brett- sperrholzträgern oder
220	mm	Brettsperrholzplatte oder
120	mm	Brettsperrholzplatte
jeweils mit folgendem weiteren Dachaufbau:		
2,5	mm	kaltselfstklebende Bitumenbahn mit Aluminiumverbundeinlage als Dampf- sperre und bauzeitliche Abdichtung
200	mm	Wärmedämmung aus expandiertem Poly- styrol der WLS 035, im Bereich der 120 mm dicken Brettsperrholzplatte ist die Dämmung 240 mm dick
2	mm	Kunststoffabdichtungsbahn, wurzel- fest, zum Beispiel auf der Basis von FPO
4	mm	Schutz- und Speichervlies
80	mm	Retentionsbox zur Speicherung des Niederschlagwassers
4	mm	Saug- und Kapillarlvlies
130	mm	Substrat für extensive Dachbegrünung

Der Nachweis des Feuchteschutzes erfolgt für den Dachaufbau mit 120 mm Brettsperrholzdecke und 240 mm Wärmedämmung. Die Retentionsboxen werden als Wasserschicht berücksichtigt.

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 11 entnommen werden.

4.2.2 Dach DA02

Das Flachdach DA02 ist ein gefälleloses Retentionsdach mit einem begehbaren Terrassenbelag. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen geplant:

140	mm	Stahlbetonverbunddecke auf Brettsperrholzträgern
2,5	mm	kaltselfstklebende Bitumenbahn mit Aluminiumverbundeinlage als Dampfsperre und bauzeitliche Abdichtung
100	mm	Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaum der WLS 025
2	mm	Kunststoffabdichtungsbahn, wurzelfest, zum Beispiel auf der Basis von FPO
4	mm	Schutz- und Speichervlies
95	mm	Retentionsbox zur Speicherung des Niederschlagwassers
4	mm	Saug- und Kapillarlvlies
40	mm	Unterkonstruktion des Terrassenbelags
20	mm	Terrassenbelag mit offenen Fugen

Die Retentionsboxen werden als Wasserschicht berücksichtigt.

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 12 entnommen werden.

4.2.3 Dach DA03

Das Flachdach DA03 über der Aufzugsüberfahrt ist ein Dach mit 2 % Gefälle. Das Dach erhält eine Abdichtung aus FPO. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen geplant:

200	mm	Stahlbetonverbunddecke auf Brettsperrholzträgern
2,5	mm	kaltselfstklebende Bitumenbahn mit Aluminiumverbundeinlage als Dampfsperre und bauzeitliche Abdichtung
120	mm	Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaum der WLS 035 als Gefälledämmung, angegeben ist die mittlere Dicke
2	mm	Kunststoffabdichtungsbahn, wurzelfest, zum Beispiel auf der Basis von FPO

Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 13 entnommen werden.

4.2.4

Dach DA04

Das Flachdach DA04 über dem Treppenhaus B ist ein Dach mit 2 % Gefälle. Das Dach erhält eine Abdichtung aus FPO. Es ist folgender Aufbau von innen nach außen geplant:

- 200 mm Stahlbetonverbunddecke auf Brettsperrholzträgern
- 2,5 mm kaltselbstklebende Bitumenbahn mit Aluminiumverbundeinlage als Dampfsperre und bauzeitliche Abdichtung
- 200 mm Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaum der WLS 035 als Gefälledämmung, angegeben ist die mittlere Dicke
- 2 mm Kunststoffabdichtungsbahn, wurzelfest, zum Beispiel auf der Basis von FPO

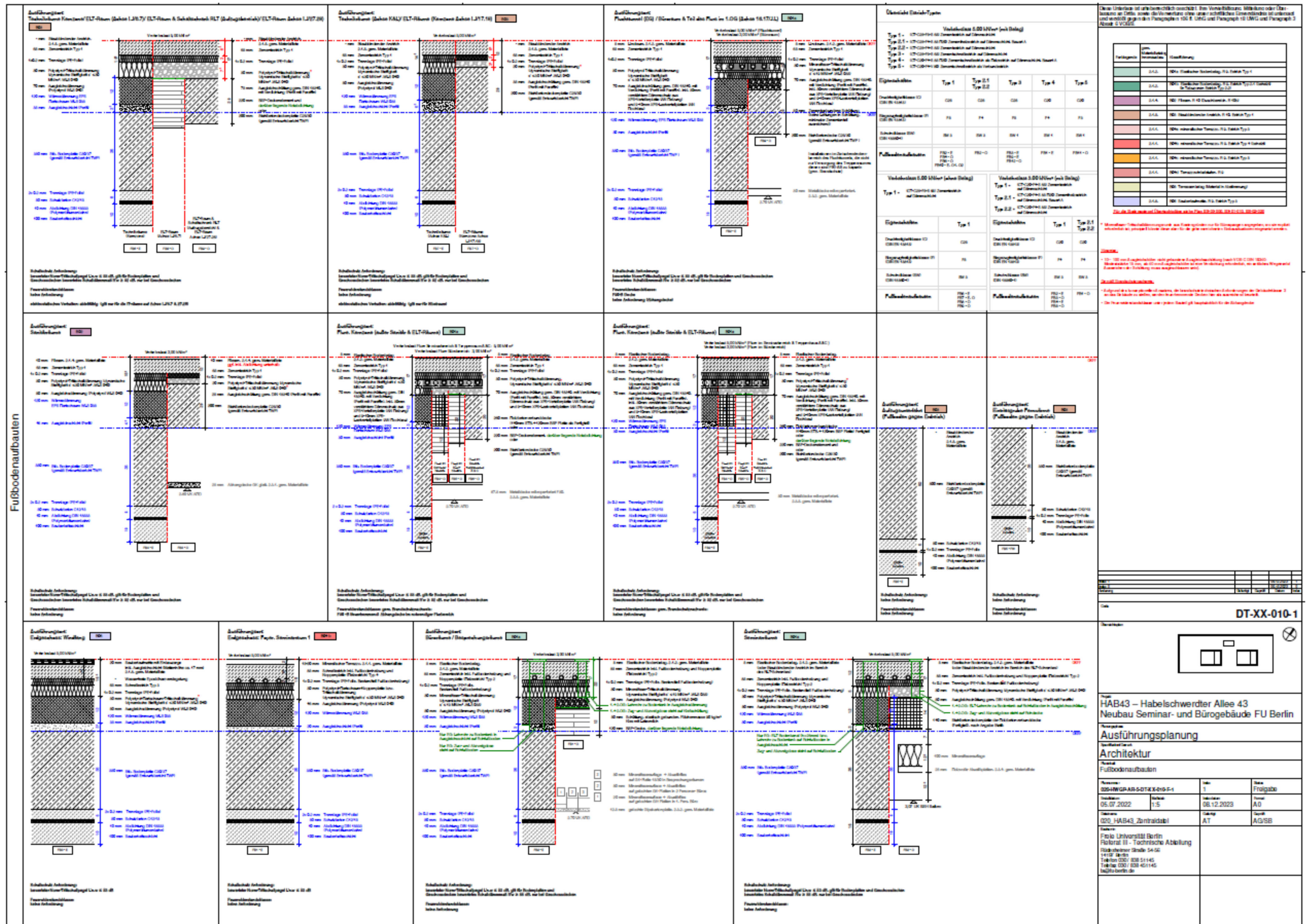
Der Bauteilaufbau ist unbedenklich in Bezug auf eine Tauwasserbildung. Der Nachweis kann den Seiten der Anlage 14 entnommen werden.

-----, 2024-12-17

Anlagen

Verteiler

2 x ----



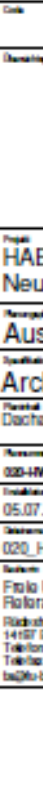
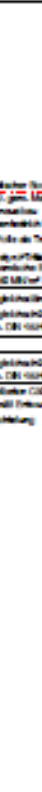
[illegible]

[illegible]

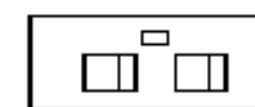
Treppenhaus A & C



Für die Bundesregierung: Herr Dr. Grottel



DT-XX-030-2



HAB43 – Habelschwerdter Allee 43
Neubau Seminar- und Bürogebäude FU Berlin

Planungsphase	Ausführungsplanung
Spezifikation des Bauwerks	Architektur

Flurteil	Dachaufbau/ Treppenaufbau
----------	---------------------------

Reference:		Index:	Status:
020-HWGPAB-S-DTX-000-F-2		2	Finalizado
Finalization:	Initial:	Submission:	Format:
05.07.2022	1:5	10.05.2024	1081 x 594
Deliveries:		Category:	Category:
020_HAB43_Zentralsidepl		AT	A/G/SB

Fria Universitäts Berlin
Fakultät III - Technische Abteilung
Rudowstrasse 54-56
14197 Berlin
Telefon 030 / 838 51145
Telefax 030 / 838 451145
fo@fo.technik.de

Category	Sub-category	Value
Category 1	Sub-category 1.1	Value 1.1
	Sub-category 1.2	Value 1.2
Category 2	Sub-category 2.1	Value 2.1
	Sub-category 2.2	Value 2.2
Category 3	Sub-category 3.1	Value 3.1
	Sub-category 3.2	Value 3.2
Category 4	Sub-category 4.1	Value 4.1
	Sub-category 4.2	Value 4.2
Category 5	Sub-category 5.1	Value 5.1
	Sub-category 5.2	Value 5.2
Category 6	Sub-category 6.1	Value 6.1
	Sub-category 6.2	Value 6.2
Category 7	Sub-category 7.1	Value 7.1
	Sub-category 7.2	Value 7.2
Category 8	Sub-category 8.1	Value 8.1
	Sub-category 8.2	Value 8.2
Category 9	Sub-category 9.1	Value 9.1
	Sub-category 9.2	Value 9.2
Category 10	Sub-category 10.1	Value 10.1
	Sub-category 10.2	Value 10.2

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW02 Holzständerwand

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Mineralwolle MW 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
03 Luftschicht ruhend	2,00	1	0,0	–	0,160
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	–	0,1	–	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Mineralfaserdämmung	10,00	20	2,0	0,035	2,857
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd $\leq 4,5 \text{ m}$	0,02	–	–	–	–
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	–	–
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040
	d = 38,54	G =	53,2	$R_T =$	6,43

$U_{\text{Gefach}} = 0,156 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich, Rahmenanteil 30 %

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Mineralwolle MW 040	4,00	20	0,8	0,040	1,000
03 Luftschicht ruhend	2,00	1	0,0	–	0,160
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	–	0,1	–	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Holzrahmenkonstruktion	10,00	600	60,0	0,130	0,769
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd $\leq 4,5 \text{ m}$	0,02	–	–	–	–
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	–	–
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040
	38,54		111,2	$R_T =$	4,34

$U_{\text{Rahmen}} = 0,230 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$$R'_T = 1 / (70,00\% \cdot 1/6,430 + 30,00\% \cdot 1/4,342) = 5,62 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,700/0,060+0,300/0,060) + 1/(0,700/1,000+0,300/1,000) + \\ 1/(0,700/0,160+0,300/0,160) + 1/(0,700/0,060+0,300/0,060) + 1/(0,700/0,140+0,300/0,140) + \\ 1/(0,700/2,857+0,300/0,769) + 1/(0,700/0,115+0,300/0,115) + 1/(0,700/1,714+0,300/1,714) + \\ 1/(0,700/0,154+0,300/0,154) + 0,04 = 5,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,38 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 4 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,186 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R_{(G)} \quad 6,26 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

$R \quad 5,21 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

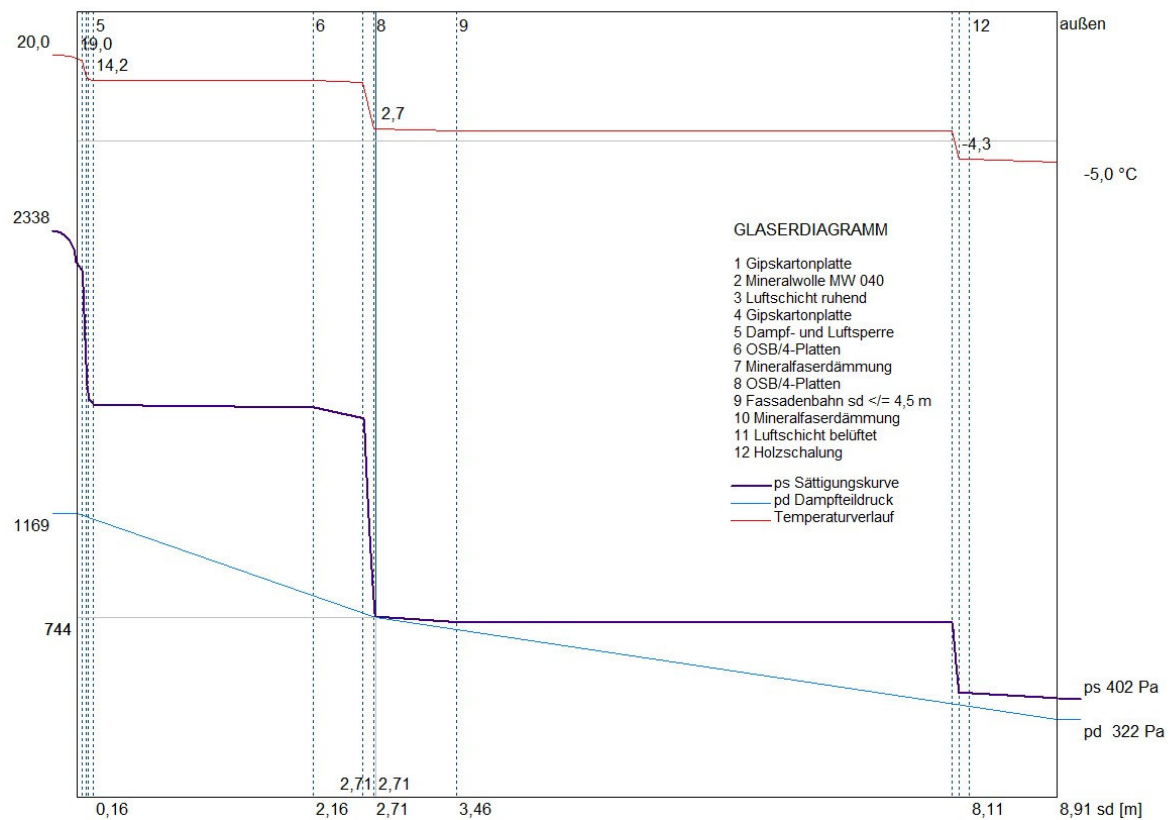
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatte	19,0	2204	1169
2 Mineralwolle MW 040	18,8	2173	1161
3 Luftschicht ruhend	15,0	1707	1155
4 Gipskartonplatte	14,4	1641	1152
5 Dampf- und Luftsperr	14,2	1617	1144
6 OSB/4-Platten	14,1	1607	830
7 Mineralfaserdämmung	13,6	1562	760
8 OSB/4-Platten	2,7	744	744
9 Fassadenbahn $s_d \leq 4,5$ m	2,3	721	693
10 Mineralfaserdämmung	2,3	721	386
11 Luftschicht belüftet	-4,3	428	382
12 Holzschalung	-4,3	428	376
	-4,8	407	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 6,55$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
2 Mineralwolle MW 040	1	1	0,04	0,04		0,04
3 Luftschicht ruhend	1	1	0,02	0,02		0,02
4 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
5 Dampf- und Luftsperr	-	-	2,00	2,00		2,00
6 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	->	0,45
7 Mineralfaserdämmung	1	1	0,10	0,10		0,10
8 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	<-	0,75
9 Fassadenbahn $s_d \leq 4,5$ m	-	-	2,50	4,50	<-	4,50
10 Mineralfaserdämmung	1	1	0,06	0,06		0,06
11 Luftschicht belüftet	1	1	0,09	0,09		0,09
12 Holzschalung	40	40	0,80	0,80		0,80

$\Sigma \mu \cdot s =$						8,91

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	744	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,71	8,91
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor OSB/4-Platten	*	138	412
			723

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Taubene

Schicht 8 "OSB/4-Platten" in der Tauzone. Die Feuchtezunahme beträgt 1,4 Masse %. Erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108-3, 5.2.1.

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)
Tauwassermassen $M_c \leq 500$ g/m², Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "OSB/4-Platten", $M_{ev} - M_c = 274$ g/m²
mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW03 Holzständerwand

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Luftschicht ruhend	2,70	1	0,0	–	0,180
03 Mineralwolle MW 040	3,00	20	0,6	0,040	0,750
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperr	0,02	–	0,1	–	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Mineralfaserdämmung	16,00	20	3,2	0,035	4,571
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd $\leq 4,5 \text{ m}$	0,02	–	–	–	–
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	–	–
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040

$$d = 44,24 \quad G = 54,2 \quad R_T = 7,91$$

$$U_{\text{Gefach}} = 0,126 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich, Rahmenanteil 30 %

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Luftschicht ruhend	2,70	1	0,0	–	0,180
03 Mineralwolle MW 040	3,00	20	0,6	0,040	0,750
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperr	0,02	–	0,1	–	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Holzrahmenkonstruktion	16,00	600	96,0	0,130	1,231
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd $\leq 4,5 \text{ m}$	0,02	–	–	–	–
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	–	–
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040
	44,24		147,0		$R_T = 4,57$

$$U_{\text{Rahmen}} = 0,219 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (70,00\% \cdot 1/7,914 + 30,00\% \cdot 1/4,574) = 6,49 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,700/0,060 + 0,300/0,060) + 1/(0,700/0,180 + 0,300/0,180) + 1/(0,700/0,750 + 0,300/0,750) + 1/(0,700/0,060 + 0,300/0,060) + 1/(0,700/0,140 + 0,300/0,140) + 1/(0,700/4,571 + 0,300/1,231) + 1/(0,700/0,115 + 0,300/0,115) + 1/(0,700/1,714 + 0,300/1,714) + 1/(0,700/0,154 + 0,300/0,154) + 0,04 = 5,86 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,18 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 5 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,162 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R_{(G)}$	$7,74 \geq 1,75$	$\text{m}^2\text{K/W}$	erfüllt die Anforderungen
R	$6,01 \geq 1,00$	$\text{m}^2\text{K/W}$	erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

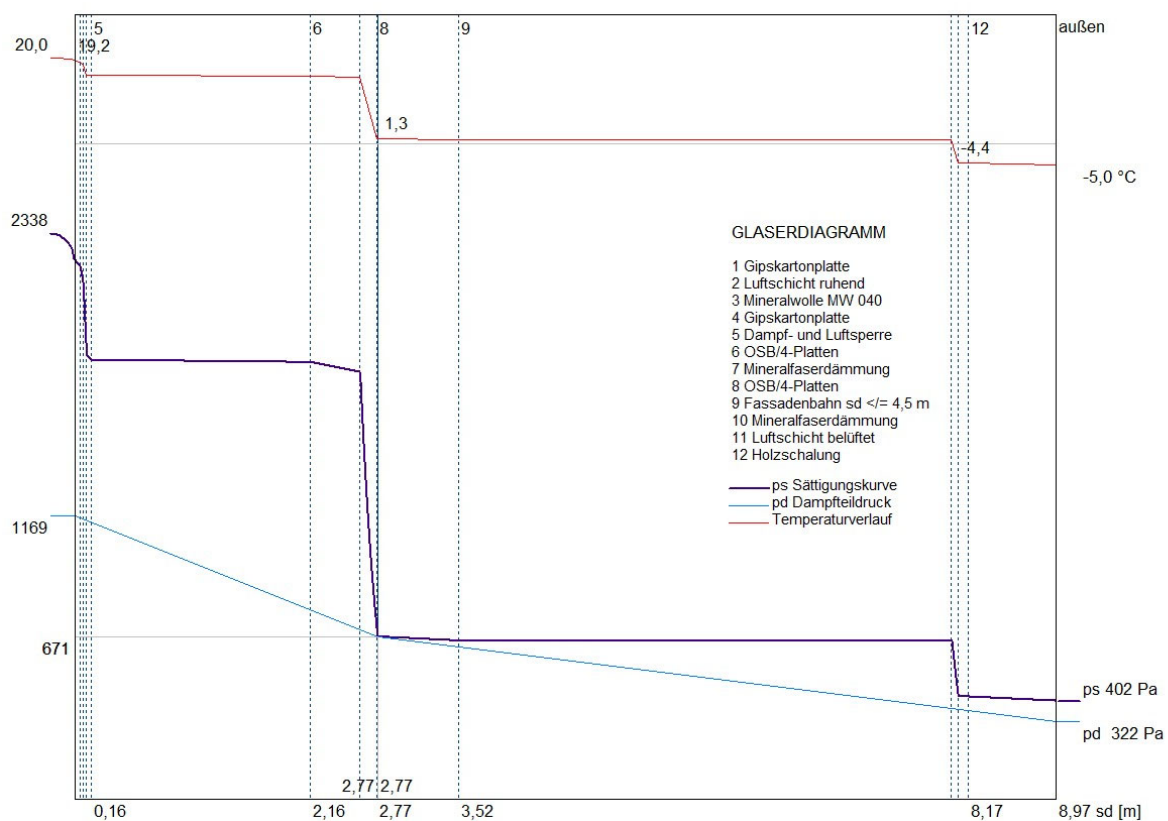
Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatte	19,2	2228	1169
2 Luftschicht ruhend	19,0	2203	1160
3 Mineralwolle MW 040	18,5	2127	1155
4 Gipskartonplatte	16,1	1836	1150
5 Dampf- und Luftsperr	16,0	1814	1141
6 OSB/4-Platten	15,9	1805	781
7 Mineralfaserdämmung	15,5	1764	700
8 OSB/4-Platten	1,3	671	671
9 Fassadenbahn sd $\leq 4,5$ m	0,9	654	629
10 Mineralfaserdämmung	0,9	654	375
11 Luftschicht belüftet	-4,4	423	372
12 Holzschalung	-4,4	423	367
	-4,9	406	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 8,03$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	$\mu_{\min}$ [-]	$\mu_{\max}$ [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
2 Luftschicht ruhend	1	1	0,03	0,03		0,03
3 Mineralwolle MW 040	1	1	0,03	0,03		0,03
4 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
5 Dampf- und Luftsperr	-	-	2,00	2,00		2,00
6 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	->	0,45
7 Mineralfaserdämmung	1	1	0,16	0,16		0,16
8 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	<-	0,75
9 Fassadenbahn $s_d \leq 4,5$ m	-	-	2,50	4,50	<-	4,50
10 Mineralfaserdämmung	1	1	0,06	0,06		0,06
11 Luftschicht belüftet	1	1	0,09	0,09		0,09
12 Holzschalung	40	40	0,80	0,80		0,80
$\Sigma \mu \cdot s =$						8,97

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	671	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,77	8,97
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor OSB/4-Platten	* 192	406	1.022

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Schicht 8 "OSB/4-Platten" in der Tauzone. Die Feuchtezunahme beträgt 2,0 Masse %.

Erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108-3, 5.2.1.

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "OSB/4-Platten", $M_{ev} - M_c = 214 \text{ g/m}^2$
mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt**Projekt** 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude**Bauteil: Außenwand AW04 Aufzugsunterfahrt gegen Erdreich**

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahlbetonwand (2% Stahl)	25,00	2400	600,0	2,500	0,100
02 PYE G 200 S5 untere Lage	0,50	-	6,0	0,170	0,029
03 PYE PV 200 S5 obere Lage	0,50	-	6,2	0,170	0,029
R_{se}					0,000
	d = 226,00	G = 5012,2		$R_T = 0,29$	

WärmedurchgangskoeffizientWärmedurchgangskoeffizient $U = 3,462 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa Dampfteildruck	
2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck	
Wärmeübergangswiderstände	R_{Si}	0,25 m²K/W	
	R_{Se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

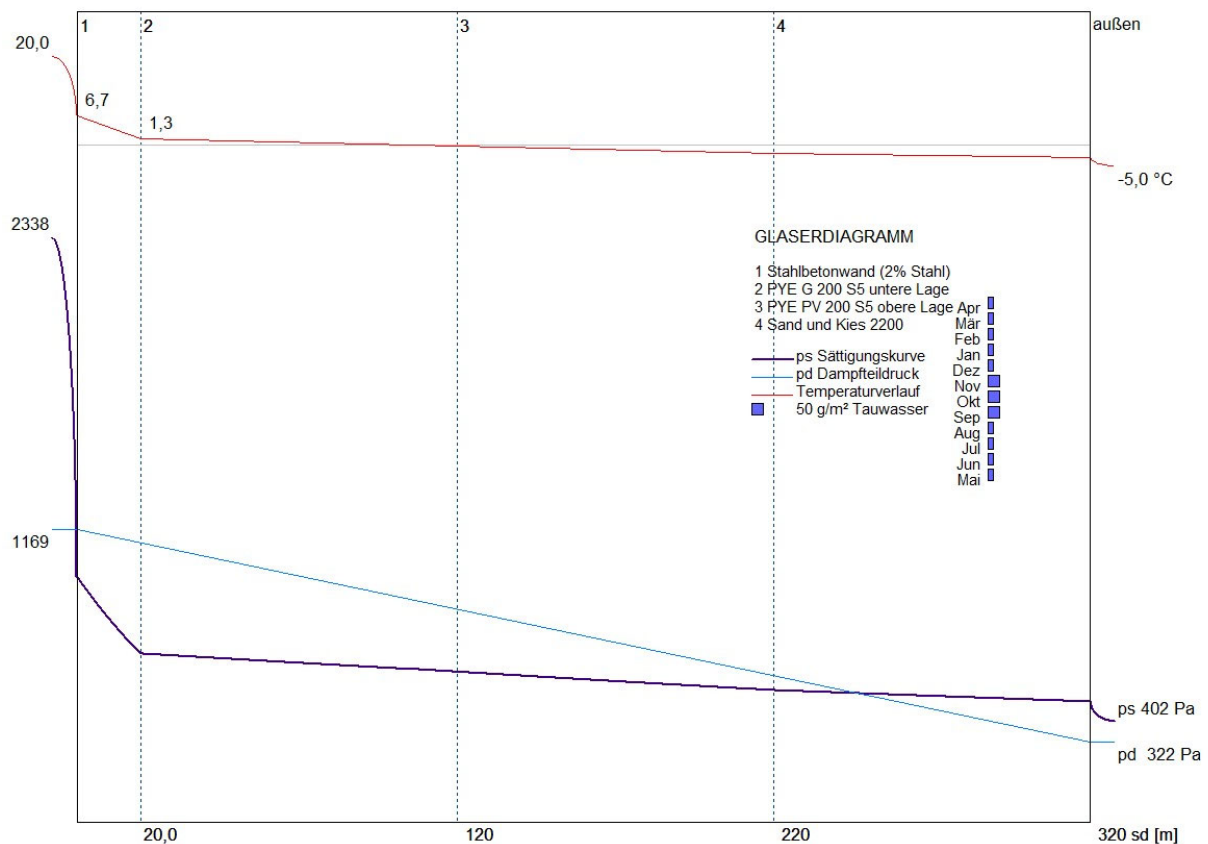
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	6,7	981	1169
2 PYE G 200 S5 untere Lage	1,3	674	1116
3 PYE PV 200 S5 obere Lage	-0,5	601	851
4 Sand und Kies 2200	-1,8	527	586
	-2,9	482	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{Si} = 0,25$, $R_{Se} = 0,04$ und $R_T = 0,47$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	80	130	20,00	32,50	-> 20,00
2 PYE G 200 S5 untere Lage	20000	30000	100,00	150,00	-> 100,00
3 PYE PV 200 S5 obere Lage	20000	30000	100,00	150,00	-> 100,00
4 Sand und Kies 2200	50	50	100,00	100,00	100,00

			$\Sigma \mu \cdot s =$		320,00

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018, Feuchteschutz nach EN ISO 13788:2013**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Außentemperatur θ_e , äquivalente Außentemperatur θ_{eq} (Dach), Erdreichtemperatur $\theta_{e,s} = (\theta_e + \theta_{an})/2$ und relative Luftfeuchte φ_e für "Berlin"
 Höhenkorrektur = 0,0 °C, mittlere Außenlufttemperatur $\theta_{an} = 8,9$ °C

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_e	°C	-0,9	-0,1	3,8	8,6	13,5	16,7	18,5	18,0	14,4	9,2	4,4	0,8
θ_{eq}	°C	-2,9	-2,1	1,8	6,6	11,5	14,7	16,5	16,0	12,4	7,2	2,4	-1,2
$\theta_{e,s}$	> °C	4,0	4,4	6,3	8,8	11,2	12,8	13,7	13,4	11,7	9,1	6,7	4,9
φ_e	%	85,0	81,0	75,0	70,0	67,0	69,0	70,0	73,0	80,0	83,0	85,0	86,0

Raumtemperatur θ_i und relative Luftfeuchte φ_i für "Wohnhäuser / Büros"

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_i	°C	20,0	20,0	20,0	20,0	21,8	23,4	24,3	24,0	22,2	20,0	20,0	20,0
φ_i	%	44,1	44,9	48,8	53,6	58,5	61,7	63,5	63,0	59,4	54,2	49,4	45,8

Tauwasser im Bauteilinneren, Berechnung nach Abs. 6 mit $\theta_{e,s}$ und $\varphi_e = 1$ (gegen Erdreich)

		Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr
Dauer	h	744	720	744	744	720	744	720	744	744	672	744	720
p _{di}	Pa	1527	1775	1928	1879	1589	1267	1154	1070	1031	1049	1140	1253
p _{de}	Pa	1330	1477	1567	1537	1374	1155	981	866	813	836	954	1132

Querschnittsposition s_d und Sättigungsdampfdruck p_{sat}

	s _d [m]	p _{sat} [Pa]											
1	6,67	2312	2551	2695	2647	2373	2059	2002	1960	1939	1948	1992	2052
1	13,3	2044	2259	2388	2345	2101	1810	1710	1637	1602	1618	1693	1798
1	20,0	1803	1996	2113	2073	1857	1589	1455	1362	1317	1337	1434	1571
2	53,3	1737	1924	2037	1999	1790	1528	1387	1289	1243	1263	1365	1510
2	86,7	1674	1855	1964	1927	1725	1470	1322	1220	1172	1193	1299	1450
2	120	1612	1787	1893	1857	1662	1413	1259	1154	1104	1126	1235	1393
3	153	1552	1722	1824	1789	1601	1358	1199	1091	1040	1063	1175	1338
3	187	1495	1659	1757	1724	1543	1306	1142	1031	980	1002	1117	1284
3	220	1439	1597	1693	1661	1486	1255	1087	974	922	945	1061	1233
4	253	1402	1556	1650	1618	1448	1221	1051	937	884	907	1024	1198
4	287	<u>1365</u>	<u>1517</u>	<u>1608</u>	<u>1577</u>	<u>1411</u>	<u>1188</u>	<u>1015</u>	<u>901</u>	<u>848</u>	<u>871</u>	<u>989</u>	<u>1165</u>
4	320	1330	1477	1567	1537	1374	1155	981	866	813	836	954	1132

Tauwassermenge g_{c,i} = Monatsstunden / 1500 * ((p_{di} - p_{sat,i}) / s_{d,i} - (p_{sat,i} - p_{de}) / (Σs_d - s_{d,i}))

Tauwasser-Akkumulation M_a durch Addition der Monatswerte g_{c,i}

Tauwasser bei s_d = 286,67m "Sand und Kies 2200 - Sand und Kies 2200"

g _c	g/m ²	3	6	8	8	4	0	-2	-3	-4	-3	-3	-1
M _a	g/m ² >	3	9	17	25	29	28	26	23	19	15	13	12
		Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr

Die Tauwasserbildung fällt im angrenzenden Erdreich an und ist unkritisch. Das Bauteil hat die Prüfung bestanden.

Bauteilquerschnitt**Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude****Bauteil: Außenwand AW05 Holzständerwand**

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	-	0,1	-	0,025
03 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
04 Mineralfaserdämmung	10,00	20	2,0	0,035	2,857
05 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
06 Fassadenbahn sd $\leq 4,05 \text{ m}$	0,02	-	-	-	-
07 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
08 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	-	-
09 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040
d =	31,29	G =	43,6	$R_T =$	5,21

 $U_{\text{Gefach}} = 0,192 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ **Rahmenbereich, Rahmenanteil 30 %**

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	-	0,1	-	0,025
03 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
04 Holzrahmenkonstruktion	10,00	600	60,0	0,130	0,769
05 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
06 Fassadenbahn sd $\leq 4,5 \text{ m}$	0,02	-	-	-	-
07 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
08 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	-	-
09 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R_{se}					0,040
	31,29		101,6	$R_T =$	3,12

 $U_{\text{Rahmen}} = 0,320 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$$R'_T = 1 / (70,00\% \cdot 1/5,211 + 30,00\% \cdot 1/3,123) = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,700/0,060 + 0,300/0,060) + 1/(0,700/0,140 + 0,300/0,140) + 1/(0,700/2,857 + 0,300/0,769) + 1/(0,700/0,115 + 0,300/0,115) + 1/(0,700/1,714 + 0,300/1,714) + 1/(0,700/0,154 + 0,300/0,154) + 0,04 = 3,93 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,13 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 5 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,242 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R(G) \quad 5,04 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

$R \quad 3,96 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

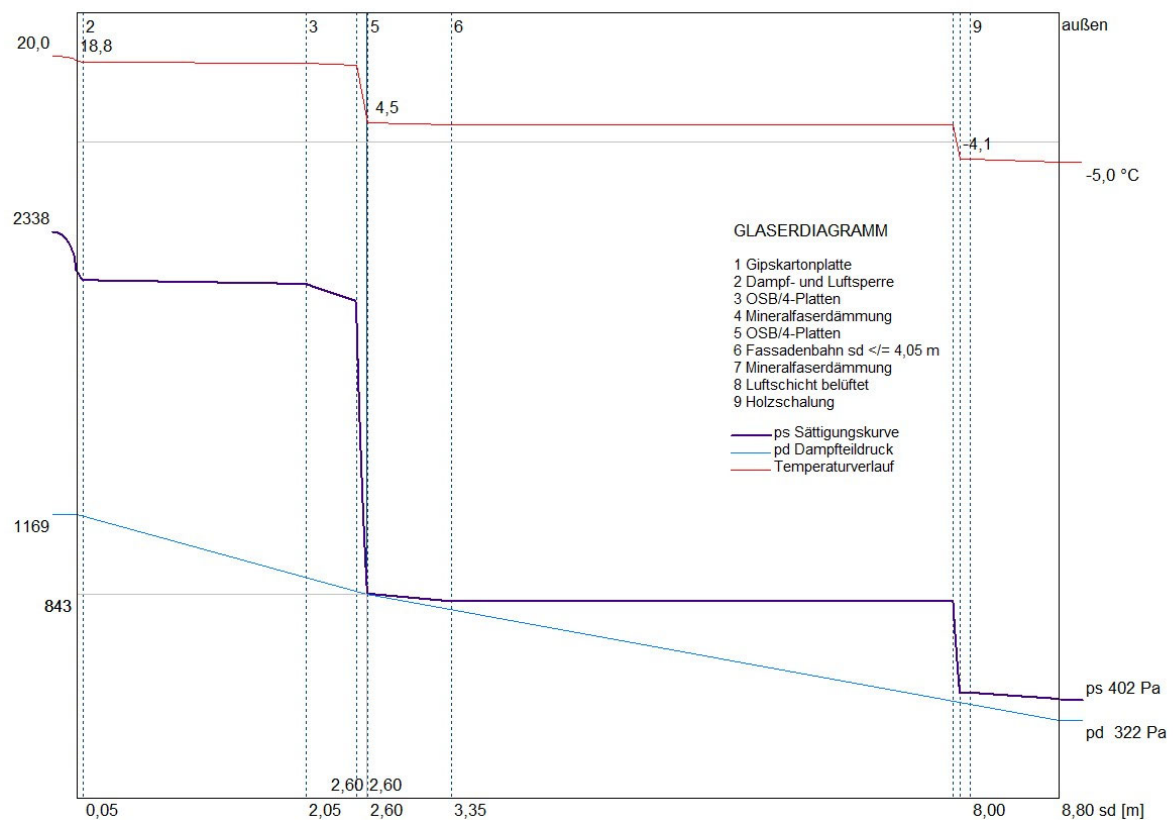
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatte	18,8	2174	1169
2 Dampf- und Luftsperrre	18,5	2137	1163
3 OSB/4-Platten	18,4	2121	912
4 Mineralfaserdämmung	17,9	2050	856
5 OSB/4-Platten	4,5	843	843
6 Fassadenbahn $s_d \leq 4,05$ m	3,9	811	780
7 Mineralfaserdämmung	3,9	811	401
8 Luftschicht belüftet	-4,1	434	396
9 Holzschalung	-4,1	434	389
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,33$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
2 Dampf- und Luftsperrre	-	-	2,00	2,00		2,00
3 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	->	0,45
4 Mineralfaserdämmung	1	1	0,10	0,10		0,10
5 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	<-	0,75
6 Fassadenbahn $s_d \leq 4,05$ m	-	-	2,50	4,50	<-	4,50
7 Mineralfaserdämmung	1	1	0,06	0,06		0,06
8 Luftschicht belüftet	1	1	0,09	0,09		0,09
9 Holzschalung	40	40	0,80	0,80		0,80

$\Sigma \mu \cdot s =$						8,80

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	843	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,60	8,80
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor OSB/4-Platten	*	64	424
			327

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Schicht 5 "OSB/4-Platten" in der Tauzone. Die Feuchtezunahme beträgt 0,7 Masse %.

Erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108-3, 5.2.1.

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500$ g/m², Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "OSB/4-Platten", $M_{ev} - M_c = 360$ g/m²
mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt**Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude****Bauteil: Außenwand AW06 Holzständerwand**

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Mineralwolle MW 040	6,00	20	1,2	0,040	1,500
03 Luftschicht ruhend	3,50	1	0,0	-	0,160
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	-	0,1	-	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Mineralfaserdämmung	10,00	20	2,0	0,035	2,857
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd ≤ 4,5 m	0,02	-	-	-	-
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	-	-
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R _{se}					0,040
d =	42,04	G =	53,6	R _T =	6,93

 $U_{\text{Gefach}} = 0,144 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ **Rahmenbereich, Rahmenanteil 30 %**

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Mineralwolle MW 040	6,00	20	1,2	0,040	1,500
03 Luftschicht ruhend	3,50	1	0,0	-	0,160
04 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
05 Dampf- und Luftsperrschicht	0,02	-	0,1	-	0,025
06 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
07 Holzrahmenkonstruktion	10,00	600	60,0	0,130	0,769
08 OSB/4-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
09 Fassadenbahn sd ≤ 4,5 m	0,02	-	-	-	-
10 Mineralfaserdämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
11 Luftschicht belüftet	9,00	1	0,1	-	-
12 Holzschalung	2,00	600	12,0	0,130	0,154
R _{se}					0,040
	42,04		111,6	R _T =	4,84

 $U_{\text{Rahmen}} = 0,207 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$$R'_T = 1 / (70,00\% * 1/6,930 + 30,00\% * 1/4,842) = 6,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,700/0,060+0,300/0,060) + 1/(0,700/1,500+0,300/1,500) + \\ 1/(0,700/0,160+0,300/0,160) + 1/(0,700/0,060+0,300/0,060) + 1/(0,700/0,140+0,300/0,140) + \\ 1/(0,700/2,857+0,300/0,769) + 1/(0,700/0,115+0,300/0,115) + 1/(0,700/1,714+0,300/1,714) + \\ 1/(0,700/0,154+0,300/0,154) + 0,04 = 5,65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,89 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 4 \%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,170 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R_{(G)} \quad 6,76 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

$R \quad 5,72 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

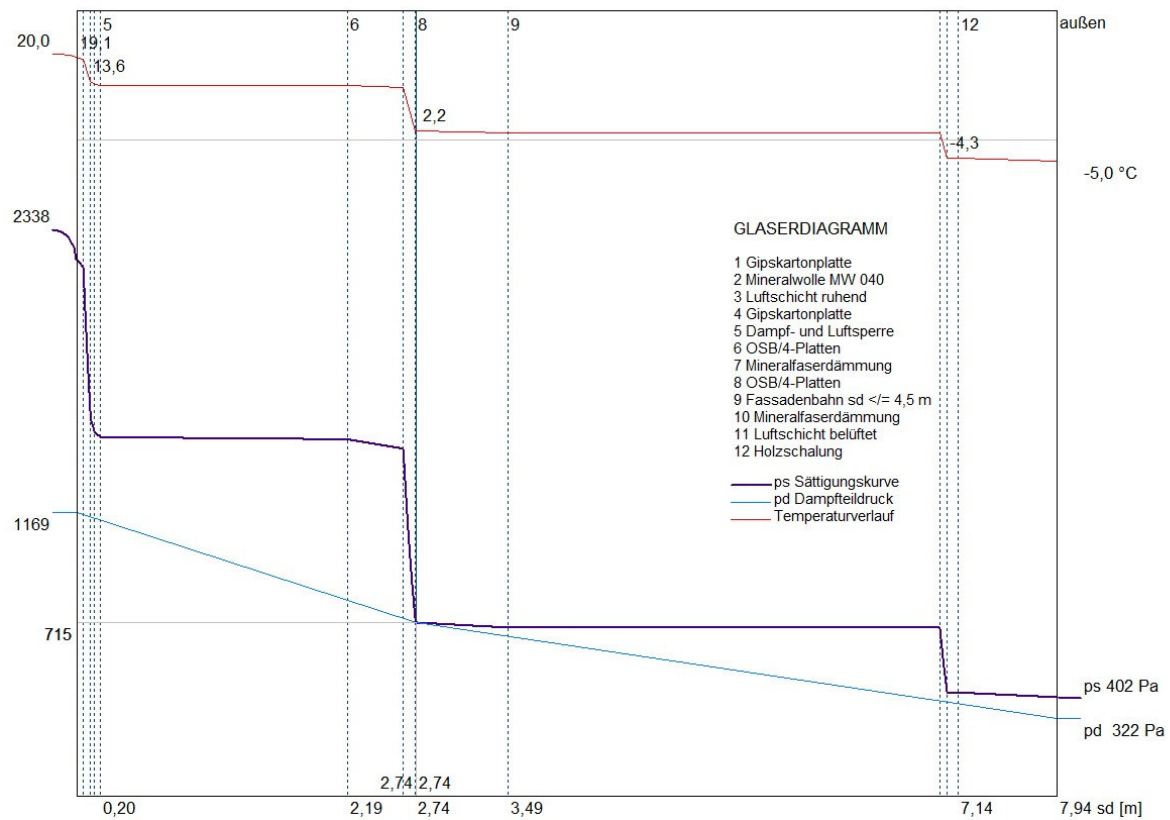
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatte	19,1	2213	1169
2 Mineralwolle MW 040	18,9	2184	1161
3 Luftschicht ruhend	13,6	1557	1151
4 Gipskartonplatte	13,0	1501	1145
5 Dampf- und Luftsperrschicht	12,8	1480	1137
6 OSB/4-Platten	12,7	1471	806
7 Mineralfaserdämmung	12,3	1432	732
8 OSB/4-Platten	2,2	715	715
9 Fassadenbahn $s_d \leq 4,5$ m	1,8	694	658
10 Mineralfaserdämmung	1,8	694	393
11 Luftschicht belüftet	-4,3	426	389
12 Holzschalung	-4,3	426	382
	-4,9	407	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 7,05$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
2 Mineralwolle MW 040	1	1	0,06	0,06		0,06
3 Luftschicht ruhend	1	1	0,04	0,04		0,04
4 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
5 Dampf- und Luftsperrschicht	-	-	2,00	2,00		2,00
6 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	->	0,45
7 Mineralfaserdämmung	1	1	0,10	0,10		0,10
8 OSB/4-Platten	30	50	0,45	0,75	<-	0,75
9 Fassadenbahn $s_d \leq 4,5$ m	-	-	2,50	3,50	<-	3,50
10 Mineralfaserdämmung	1	1	0,06	0,06		0,06
11 Luftschicht belüftet	1	1	0,09	0,09		0,09
12 Holzschalung	40	40	0,80	0,80		0,80

$\Sigma \mu \cdot s =$						7,94

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.169	715	322
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	1.700	1.200
sd-Wert [m]	0	2,74	7,94
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} h
vor OSB/4-Platten	*	140	433
			698

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Schicht 8 "OSB/4-Platten" in der Tauzone. Die Feuchtezunahme beträgt 1,4 Masse %.

Erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108-3, 5.2.1.

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500$ g/m², Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

Trocknungsreserve bezogen auf den Taubereich "OSB/4-Platten", $M_{ev} - M_c = 293$ g/m²
mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW08 Stahlbetonsockel mit Vorsatzschale

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatte	1,25	700	8,8	0,210	0,060
02 Luftschicht ruhend	2,70	1	0,0	–	0,180
03 Mineralwolledämmung	3,00	20	0,6	0,040	0,750
04 Stahlbetonwand (2% Stahl)	25,00	2400	600,0	2,500	0,100
05 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	1,00	–	–	0,170	0,059
06 XPS-Hartschaum WLS 030	8,00	25	2,0	0,030	2,667
R_{se}					0,040
	d = 40,95	G =	611,4	$R_T =$	3,99

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,251 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

R $3,82 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

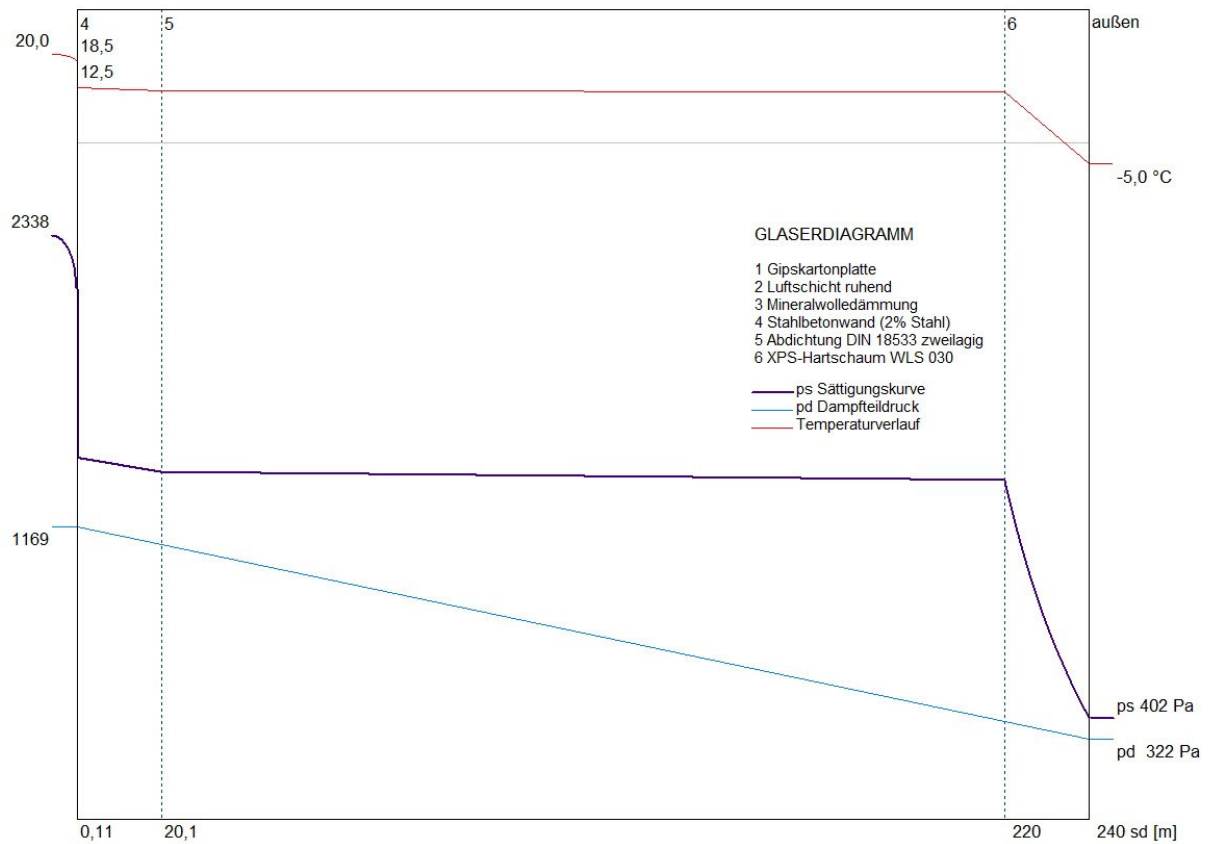
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Gipskartonplatte	18,5	2127	1169
2 Luftschicht ruhend	18,1	2079	1169
3 Mineralwolle dämmung	17,0	1941	1169
4 Stahlbetonwand (2% Stahl)	12,5	1446	1169
5 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	11,8	1389	1098
6 XPS-Hartschaum WLS 030	11,5	1357	392
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,11$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Gipskartonplatte	4	10	0,05	0,13	->	0,05
2 Luftschicht ruhend	1	1	0,03	0,03		0,03
3 Mineralwolle dämmung	1	1	0,03	0,03		0,03
4 Stahlbetonwand (2% Stahl)	80	130	20,00	32,50	->	20,00
5 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	20000	30000	200,00	300,00	->	200,00
6 XPS-Hartschaum WLS 030	80	250	6,40	20,00	<-	20,00

						$\Sigma \mu \cdot s = 240,11$

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,002 g/m²h

mit Tauwassermasse M_C , Verdunstungsmasse M_{EV} und Verdunstungszeit t_{EV}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW09 Stahlbetonsockel

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahlbetonwand (2% Stahl)	25,00	2400	600,0	2,500	0,100
02 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	1,00	-	-	0,170	0,059
03 XPS-Hartschaum WLS 030	8,00	25	2,0	0,030	2,667
R_{se}					0,040
	d = 34,00	G =	602,0	$R_T =$	3,00

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,334 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

(Ref-No 1.8.1)

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 2,83 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

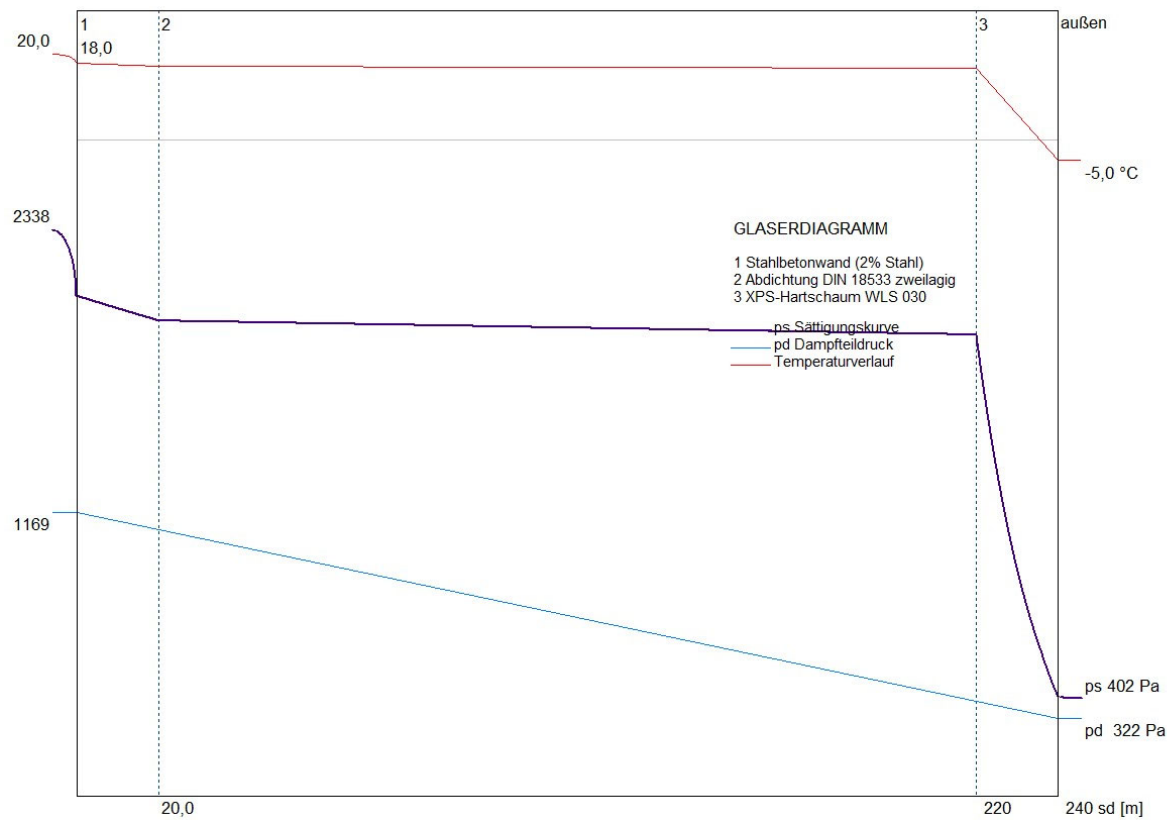
Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	18,0	2064	1169
2 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	17,2	1962	1098
3 XPS-Hartschaum WLS 030	16,7	1904	392
	-4,7	413	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,12$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	80	130	20,00	32,50	-> 20,00
2 Abdichtung DIN 18533 zweilagig	20000	30000	200,00	300,00	-> 200,00
3 XPS-Hartschaum WLS 030	80	250	6,40	20,00	<- 20,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					240,00

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,002 g/m²h

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW10 Technischacht

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 MW aus Porenbeton-Plansteinen 80	25,00	800	200,0	0,250	1,000
02 Bitumenabdichtung, zweilagig	1,00	-	-	0,170	0,059
03 EPS-Hartschaum WLS 035	10,00	20	2,0	0,035	2,857
04 Putzsystem des WDVS	1,00	1100	11,0	0,700	0,014
R_{se}					0,040
	d = 37,00	G =	213,0	$R_T =$	4,10

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,244 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

(Ref-No 1.8.1)

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 3,93 $\geq$ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

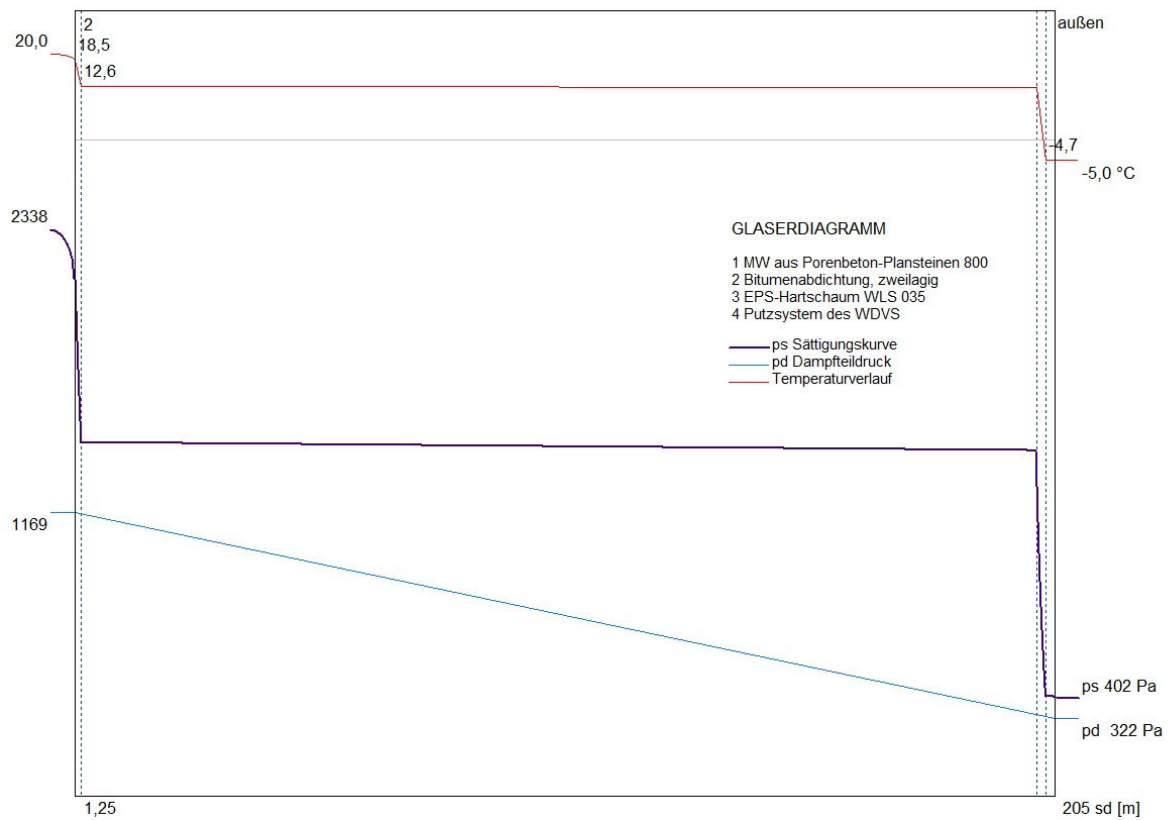
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 MW aus Porenbeton-Plansteine	18,5	2133	1169
2 Bitumenabdichtung, zweilagig	12,6	1460	1164
3 EPS-Hartschaum WLS 035	12,2	1427	338
4 Putzsystem des WDVS	-4,7	413	330
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,22$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 MW aus Porenbeton-Plansteinen	5	10	1,25	2,50	-> 1,25
2 Bitumenabdichtung, zweilagig	20000	30000	200,00	300,00	-> 200,00
3 EPS-Hartschaum WLS 035	20	100	2,00	10,00	-> 2,00
4 Putzsystem des WDVS	50	200	0,50	2,00	<- 2,00

$\Sigma \mu \cdot s =$					205,25

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,003 g/m²h

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Außenwand AW11 Aufzugsüberfahrt

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Stahlbetonwand (2% Stahl)	25,00	2400	600,0	2,500	0,100
02 EPS-Hartschaum WLS035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
03 Putzsystem des WDVS	1,00	1100	11,0	0,700	0,014
R_{se}					0,040
	d = 44,00	G =	614,6	$R_T =$	5,43

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,184 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 5,26 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

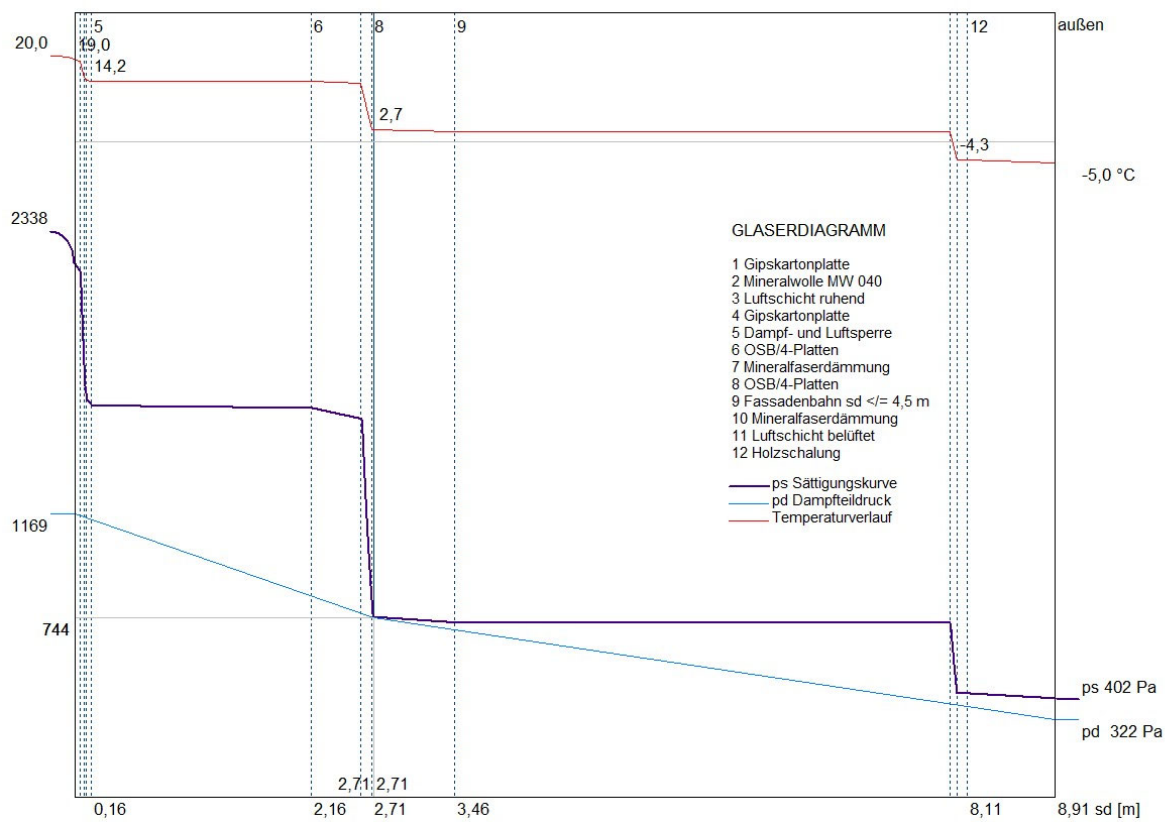
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	18,9	2180	1169
2 EPS-Hartschaum WLS035	18,4	2120	507
3 Putzsystem des WDVS	-4,8	410	388
	-4,8	408	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,55$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Stahlbetonwand (2% Stahl)	80	130	20,00	32,50	->	20,00
2 EPS-Hartschaum WLS035	20	100	3,60	18,00	->	3,60
3 Putzsystem des WDVS	50	200	0,50	2,00	<-	2,00

$\Sigma \mu \cdot s =$						25,60

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = $0,022 \text{ g/m}^2\text{h}$

mit Tauwassermasse M_c , Verdunstungsmasse M_{ev} und Verdunstungszeit t_{ev}

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Dach DA01 Büroräume

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Brettsperrholzplatte	12,00	680	81,6	0,130	0,923
02 kaltselbstklebende Bitumenbahn als Dampfsperre	0,25	-	5,2	0,170	0,029
03 EPS-Hartschaum WLS 035	24,00	20	4,8	0,035	6,857
04 Abdichtungsbahn Kunststoff, FPO	0,20	1850	3,7	0,170	0,012
05 Schutz- und Speichervlies	0,40	-	0,5	99,000	0,000
06 Wasser in Retentionsbox	8,00	1000	80,0	0,600	0,133
07 Saug- und Kapillarlvlies	0,40	-	0,5	99,000	0,000
08 Substrat Extensivbegrünung	13,00	1000	130,0	-	-
R_{se}					0,040
	d =	58,25	G =	293,3	$R_T =$ 8,09

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,124 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 7,95 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 80 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	2000 Pa	Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

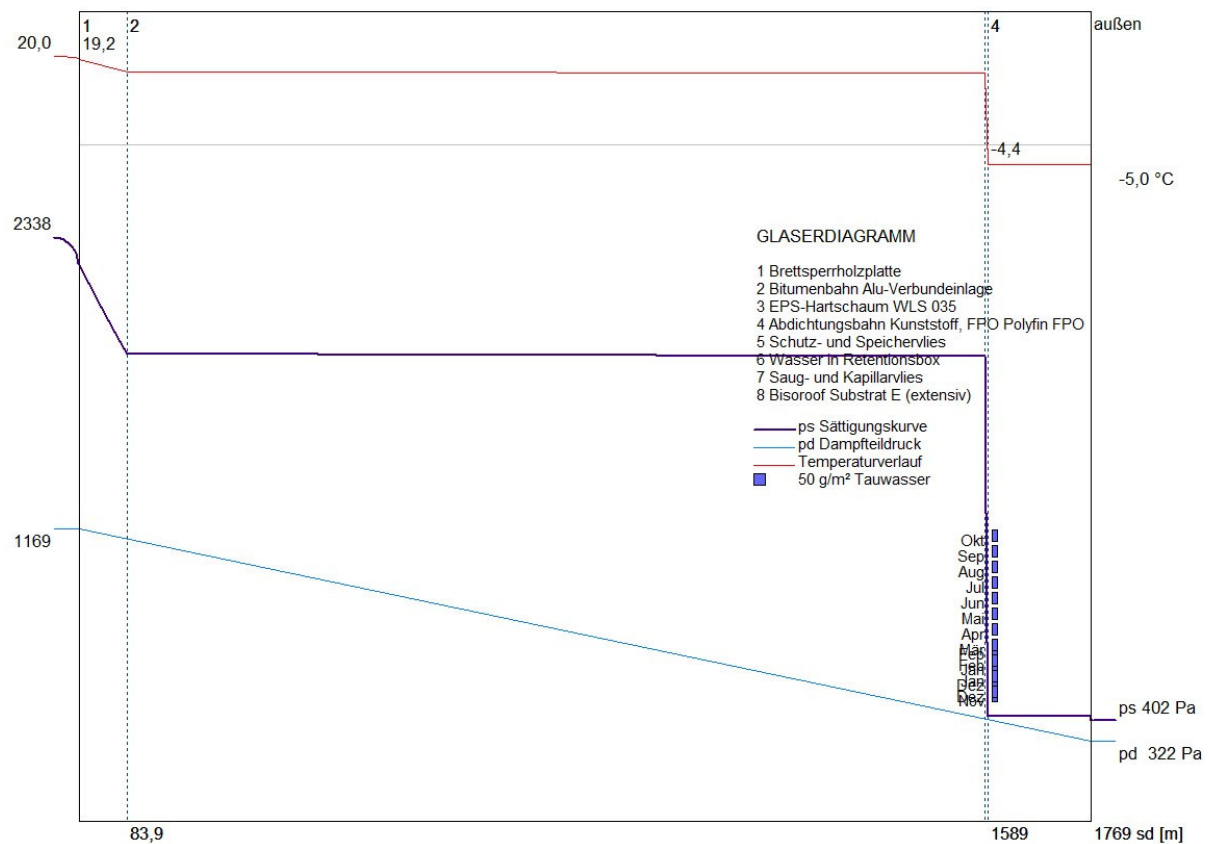
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Brettsperrholzplatte	19,2	2231	1169
2 kaltselbstklebende Bitumenbahn	16,4	1871	1129
3 EPS-Hartschaum WLS 035	16,4	1861	410
4 Abdichtungsbahn Kunststoff,	-4,4	422	408
5 Schutz- und Speichervlies	-4,5	420	322
6 Wasser in Retentionsbox	-4,5	420	322
7 Saug- und Kapillarlvlies	-4,9	406	322
8 Bisoroof Substrat E (extensi	-4,9	406	322
	-4,9	406	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 8,24$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Brettsperrholzplatte	699	699	83,86	83,86	83,86
2 kaltselbstklebende Bitumenbahn	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
3 EPS-Hartschaum WLS 035	20	100	4,80	24,00	-> 4,80
4 Abdichtungsbahn Kunststoff, F	90000	90000	180,00	180,00	180,00
5 Schutz- und Speichervlies	1	1	0,00	0,00	0,00
6 Wasser in Retentionsbox	1	1	0,08	0,08	0,08
7 Saug- und Kapillarlvlies	1	1	0,00	0,00	0,00
8 Bisoroof Substrat E (extensiv	3	3	0,39	0,39	0,39

				$\Sigma \mu \cdot s =$	1769,13

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018, Feuchteschutz nach EN ISO 13788:2013**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Außentemperatur θ_e , äquivalente Außentemperatur θ_{eq} (Dach), Erdoberflächentemperatur $\theta_{e,s} = (\theta_e + \theta_{an})/2$ und relative Luftfeuchte φ_e für "Berlin"

Höhenkorrektur = 0,0 °C, mittlere Außenlufttemperatur $\theta_{an} = 8,9$ °C

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_e	°C	-0,9	-0,1	3,8	8,6	13,5	16,7	18,5	18,0	14,4	9,2	4,4	0,8
θ_{eq}	> °C	-2,9	-2,1	1,8	6,6	11,5	14,7	16,5	16,0	12,4	7,2	2,4	-1,2
$\theta_{e,s}$	°C	4,0	4,4	6,3	8,8	11,2	12,8	13,7	13,4	11,7	9,1	6,7	4,9
φ_e	%	85,0	81,0	75,0	70,0	67,0	69,0	70,0	73,0	80,0	83,0	85,0	86,0

Raumtemperatur θ_i und relative Luftfeuchte φ_i für "Wohnhäuser / Büros"

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_i	°C	20,0	20,0	20,0	20,0	21,8	23,4	24,3	24,0	22,2	20,0	20,0	20,0
φ_i	%	44,1	44,9	48,8	53,6	58,5	61,7	63,5	63,0	59,4	54,2	49,4	45,8

Tauwasser im Bauteilinneren, Berechnung nach Abs. 6 mit θ_{eq} (Dach)

		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Dauer	h	720	744	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744
p _{di}	Pa	1154	1070	1031	1049	1140	1253	1527	1775	1928	1879	1589	1267
p _{de}	Pa	617	475	408	415	521	682	909	1154	1313	1327	1151	843

Querschnittsposition s_d und Sättigungsdampfdruck p_{sat}

	s_d [m]	p_{sat} [Pa]											
1	21,0	2264	2249	2243	2246	2262	2281	2563	2833	2995	2941	2629	2284
1	41,9	2193	2165	2152	2158	2188	2227	2517	2790	2955	2900	2584	2232
1	62,9	2124	2083	2064	2073	2117	2173	2471	2748	2915	2860	2539	2181
1	83,9	2057	2004	1979	1991	2048	2121	2426	2706	2876	2820	2495	2131
2	584	2055	2001	1976	1987	2045	2119	2424	2704	2874	2818	2493	2128
2	1084	2052	1997	1972	1984	2043	2117	2422	2702	2872	2817	2491	2126
2	1584	2049	1994	1969	1980	2040	2115	2420	2701	2871	2815	2490	2124
3	1584	1980	1913	1882	1897	1969	2061	2373	2657	2829	2773	2444	2072
3	1584	1913	1835	1800	1816	1900	2008	2327	2614	2788	2732	2399	2022
3	1584	1849	1760	1720	1739	1834	1956	2282	2572	2748	2692	2355	1972
3	1585	1786	1688	1644	1664	1769	1906	2237	2530	2708	2652	2311	1923
3	1585	1725	1618	1570	1593	1707	1856	2194	2488	2669	2612	2268	1876
3	1585	1665	1551	1500	1524	1646	1808	2151	2448	2630	2573	2226	1829
3	1585	1608	1487	1432	1457	1587	1761	2108	2408	2592	2535	2184	1784
3	1585	1552	1424	1367	1394	1530	1715	2067	2368	2554	2497	2144	1739
3	1585	1499	1364	1304	1332	1475	1670	2026	2329	2517	2459	2104	1696
3	1586	1446	1306	1245	1273	1422	1626	1986	2291	2480	2422	2064	1653
3	1586	1396	1251	1187	1217	1370	1583	1946	2253	2444	2386	2025	1612
3	1586	1346	1197	1132	1162	1321	1541	1908	2216	2408	2350	1987	1571
3	1586	1299	1146	1079	1110	1272	1500	1870	2179	2373	2314	1949	1531
3	1586	1253	1096	1028	1060	1225	1460	1832	2143	2338	2279	1913	1492
3	1586	1208	1048	980	1012	1180	1421	1795	2107	2303	2244	1876	1454
3	1587	1165	1003	933	965	1136	1383	1759	2072	2269	2210	1841	1417
3	1587	1123	959	889	921	1094	1346	1724	2038	2235	2176	1805	1381
3	1587	1082	916	846	878	1053	1309	1689	2004	2202	2143	1771	1345
3	1587	1043	876	805	838	1013	1274	1655	1970	2169	2110	1737	1310
3	1587	1005	837	766	798	975	1239	1621	1937	2137	2078	1704	1276
3	1587	968	799	728	761	938	1205	1588	1904	2105	2046	1671	1243
3	1588	933	763	693	725	902	1172	1556	1872	2074	2015	1639	1211
3	1588	898	728	658	691	868	1140	1524	1840	2043	1983	1607	1179
3	1588	865	695	626	658	834	1109	1493	1809	2012	1953	1576	1148
3	1588	833	663	592	626	802	1078	1462	1778	1982	1923	1545	1118
3	1588	802	633	559	594	771	1048	1432	1748	1952	1893	1515	1089
3	1588	772	602	527	561	741	1019	1402	1718	1922	1863	1485	1060
3	1589	743	571	497	530	712	991	1373	1689	1893	1834	1456	1032
4	1649	742	570	496	530	712	990	1373	1689	1893	1834	1456	1031
4	1709	742	570	496	529	711	990	1372	1688	1892	1833	1455	1031
4	1769	741	569	495	529	711	989	1372	1688	1892	1833	1455	1030
5	1769	741	569	495	529	711	989	1372	1688	1892	1833	1455	1030
5	1769	741	569	495	529	711	989	1372	1688	1892	1833	1455	1030
5	1769	741	569	495	529	711	989	1372	1688	1892	1833	1455	1030
6	1769	736	564	490	524	705	984	1367	1682	1887	1828	1450	1025
6	1769	731	558	485	518	700	979	1361	1677	1881	1822	1444	1020
6	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
7	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
7	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
7	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
8	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
8	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
8	1769	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015

Tauwassermenge $g_{c,i}$ = Monatsstunden / 1500 * $((p_{di} - p_{sat,i}) / s_{d,i} - (p_{sat,i} - p_{de}) / (\sum s_d - s_{d,i}))$

Tauwasser-Akkumulation M_a durch Addition der Monatswerte $g_{c,i}$

bei mehreren Tauzonen werden für p_{di} / p_{da} die aktuellen Dampfdruckbedingungen in den benachbarten Tauzonen eingesetzt.

Tauwasser bei $s_d = 1588,66\text{m}$ "EPS-Hartschaum WLS 035 - Abdichtungsbahn Kunststoff, FPO Polyfin FPO"

g_c	g/m^2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_a	$\text{g/m}^2 >$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tauwasser bei $s_d = 1768,74\text{m}$ "Saug- und Kapillarlvlies - Bisoroof Substrat E (extensiv)"

g_c	g/m^2	0	5	3	0	-120						
M_a	$\text{g/m}^2 >$	0	5	8	8							

Nov Dez Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt

Tauwasserbildung im Bauteilinneren tritt an einer oder mehreren Grenzflächen auf und verdunstet in den Sommermonaten vollständig. Die gesetzlichen Bestimmungen und Produktnormen sind zu beachten.

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Dach DA02 unter Terrasse

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	14,00	2400	336,0	2,500	0,056
02 kaltselbstklebende Bitumenbahn als Dampfsperre	0,25	-	5,2	0,170	0,029
03 PUR-Hartschaum WLS 025	10,00	30	3,0	0,025	4,000
04 Abdichtungsbahn Kunststoff Polyf	0,20	1850	3,7	0,170	0,012
05 Schutz- und Speichervlies	0,40	-	0,5	99,000	0,000
06 Wasser in Retentionsbox	9,50	1000	95,0	0,600	0,158
07 Saug- und Kapillarvlies	0,40	-	0,5	99,000	0,000
08 Luftschicht/Unterkonstruktion	4,00	-	-	-	-
09 Terrassenbelag mit offenen Fugen	2,00	-	-	-	-
R_{se}					0,040
	d = 41,00	G = 443,9		$R_T = 4,40$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,228 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmegedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 4,26 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\varphi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\varphi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	2000 Pa	Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	18,6	2147	1169
2 kaltselbstklebende Bitumenbahn	18,3	2106	1163
3 PUR-Hartschaum WLS 025	18,2	2085	414
4 Abdichtungsbahn Kunststoff P	-3,8	444	412
5 Schutz- und Speichervlies	-3,9	441	322
6 Wasser in Retentionsbox	-3,9	441	322
7 Saug- und Kapillarlvlies	-4,8	410	322
8 Luftschicht/Unterkonstruktion	-4,8	410	322
9 Terrassenbelag mit offenen F	-4,8	410	322
	-4,8	410	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 4,55$ m²K/W

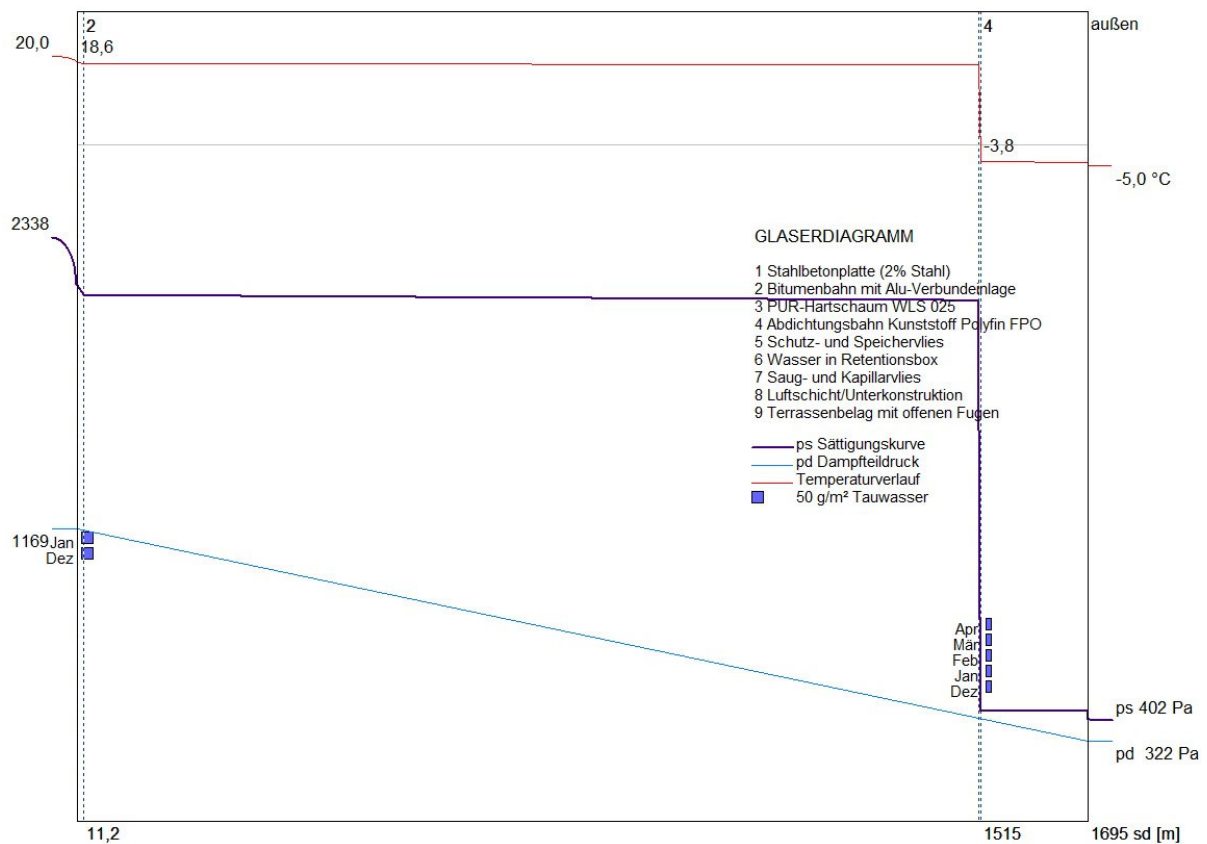
Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	80	130	11,20	18,20	-> 11,20
2 kaltselbstklebende Bitumenbahn	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
3 PUR-Hartschaum WLS 025	40	200	4,00	20,00	-> 4,00
4 Abdichtungsbahn Kunststoff Po	90000	90000	180,00	180,00	180,00
5 Schutz- und Speichervlies	1	1	0,00	0,00	0,00
6 Wasser in Retentionsbox	1	1	0,10	0,10	0,10
7 Saug- und Kapillarlvlies	1	1	0,00	0,00	0,00
8 Luftschicht/Unterkonstruktion	1	1	0,04	0,04	0,04
9 Terrassenbelag mit offenen Fu	-	-	-	-	-

					$\Sigma \mu \cdot s = 1695,34$

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018,

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)



Außentemperatur θ_e , äquivalente Außentemperatur θ_{eq} (Dach), Erdoberflächtemperatur $\theta_{e,s} = (\theta_e + \theta_{an})/2$ und relative Luftfeuchte φ_e für "Berlin"

Höhenkorrektur = 0,0 °C, mittlere Außenlufttemperatur $\theta_{an} = 8,9$ °C

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-0,9	-0,1	3,8	8,6	13,5	16,7	18,5	18,0	14,4	9,2	4,4	0,8
θ_{eq}	$>^{\circ}\text{C}$	-2,9	-2,1	1,8	6,6	11,5	14,7	16,5	16,0	12,4	7,2	2,4	-1,2
$\theta_{e,s}$	$^{\circ}\text{C}$	4,0	4,4	6,3	8,8	11,2	12,8	13,7	13,4	11,7	9,1	6,7	4,9
φ_e	$\%$	85,0	81,0	75,0	70,0	67,0	69,0	70,0	73,0	80,0	83,0	85,0	86,0

Raumtemperatur θ_i und relative Luftfeuchte ϕ_i für "Wohnhäuser / Büros"

[illegible]

Tauwasser im Bauteilinneren, Berechnung nach Abs. 6 mit θ_{eq} (Dach)

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Dauer	h	744	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720
p _{di}	Pa	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052
p _{de}	Pa	475	408	415	521	682	909	1154	1313	1327	1151	843	617

Querschnittsposition s_d und Sättigungsdampfdruck p_{sat}

	s_d [m]	p_{sat} [Pa]											
1	3,73	2324	2322	2323	2325	2328	2332	2334	2335	2334	2332	2329	2326
1	7,47	2310	2308	2309	2314	2320	2326	2330	2333	2332	2327	2321	2315
1	11,2	2297	2294	2295	2303	2312	2321	2327	2330	2329	2323	2313	2304
2	511	2290	2286	2288	2297	2307	2318	2325	2329	2328	2320	2308	2298
2	1011	2283	2279	2281	2291	2303	2315	2323	2328	2327	2317	2304	2292
2	1511	2276	2271	2274	2285	2298	2312	2322	2327	2325	2315	2300	2286
3	1511	2116	2099	2107	2146	2195	2246	2280	2299	2294	2255	2201	2152
3	1512	1965	1938	1951	2014	2095	2181	2239	2272	2262	2197	2106	2024
3	1512	1824	1788	1805	1890	2000	2118	2198	2244	2232	2140	2014	1903
3	1512	1692	1648	1668	1772	1908	2056	2158	2218	2201	2085	1926	1789
3	1512	1568	1518	1541	1661	1820	1996	2119	2191	2171	2030	1841	1681
3	1513	1453	1397	1423	1556	1736	1938	2080	2165	2141	1977	1760	1578
3	1513	1345	1284	1312	1457	1655	1881	2042	2139	2112	1925	1681	1481
3	1513	1244	1180	1209	1364	1578	1825	2005	2113	2082	1874	1606	1389
3	1513	1149	1083	1114	1276	1503	1771	1968	2087	2054	1825	1534	1302
3	1514	1062	993	1025	1193	1432	1719	1932	2062	2025	1777	1465	1220
3	1514	980	910	942	1114	1364	1667	1897	2037	1997	1729	1398	1143
3	1514	903	833	865	1040	1298	1618	1862	2012	1970	1683	1334	1070
3	1514	832	762	794	971	1236	1569	1827	1988	1942	1638	1273	1001
3	1514	766	696	728	906	1176	1522	1793	1964	1915	1594	1214	936
3	1515	705	635	667	844	1118	1476	1760	1940	1888	1551	1157	875
3	1515	648	575	611	787	1063	1431	1727	1916	1862	1509	1103	817
3	1515	593	518	552	732	1011	1387	1695	1893	1836	1468	1051	763
4	1575	592	517	551	732	1010	1386	1694	1893	1835	1468	1051	762
4	1635	591	516	550	731	1009	1386	1694	1892	1835	1467	1050	761
4	1695	590	515	549	730	1008	1385	1693	1892	1835	1466	1049	760
5	1695	590	515	549	730	1008	1385	1693	1892	1835	1466	1049	760
5	1695	590	515	549	730	1008	1385	1693	1892	1835	1466	1049	760
5	1695	590	515	549	730	1008	1385	1693	1892	1835	1466	1049	760
6	1695	577	503	537	718	997	1375	1686	1887	1829	1457	1037	749
6	1695	565	491	525	707	985	1366	1679	1881	1823	1448	1026	737
6	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
7	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
7	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
7	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
8	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
8	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
8	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
9	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
9	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726
9	1695	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015	726

Tauwassermenge $g_{c,i} = \text{Monatsstunden} / 1500 * ((p_{di} - p_{sat,i}) / s_{d,i} - (p_{sat,i} - p_{de}) / (\sum s_d - s_{d,i}))$

Tauwasser-Akkumulation M_a durch Addition der Monatswerte $g_{c,i}$

bei mehreren Tauzonen werden für p_{di} / p_{da} die aktuellen Dampfdruckbedingungen in den benachbarten Tauzonen eingesetzt.

Tauwasser bei $s_d = 1515,20\text{m}$ "PUR-Hartschaum WLS 025 - Abdichtungsbahn Kunststoff Polyfin FPO"

g_c	g/m^2	0	0	0	0	0	0
M_a	g/m^2	> 0	0	0	0	0	

Tauwasser bei $s_d = 1695,30\text{m}$ "Saug- und Kapillarlies - Luftschicht/Unterkonstruktion"

g_c	g/m^2	45	28	-250
M_a	$\text{g/m}^2 >$	45	73	

Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tauwasserbildung im Bauteilinneren tritt an einer oder mehreren Grenzflächen auf, verdunstet jedoch in den Sommermonaten vollständig. Die gesetzlichen Bestimmungen und Produktnormen sind zu beachten.

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Dach DA03 Aufzugsüberfahrt

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	20,00	2400	480,0	2,500	0,080
02 kaltselbstklebende Bitumenbahn als Dampfsperre	0,25	-	5,2	99,000	0,000
03 EPS-Hartschaum Gefälledämmung	12,00	20	2,4	0,035	3,429
04 Dachabdichtung, FPO	0,20	1850	3,7	99,000	0,000
R_{se}					0,040
	d = 32,45	G =	491,3	$R_T =$	3,65

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,274 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 3,51 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 wird durchgeführt.

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2014

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	2000 Pa	Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m ² K/W	
	R_{se}	0,04 m ² K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

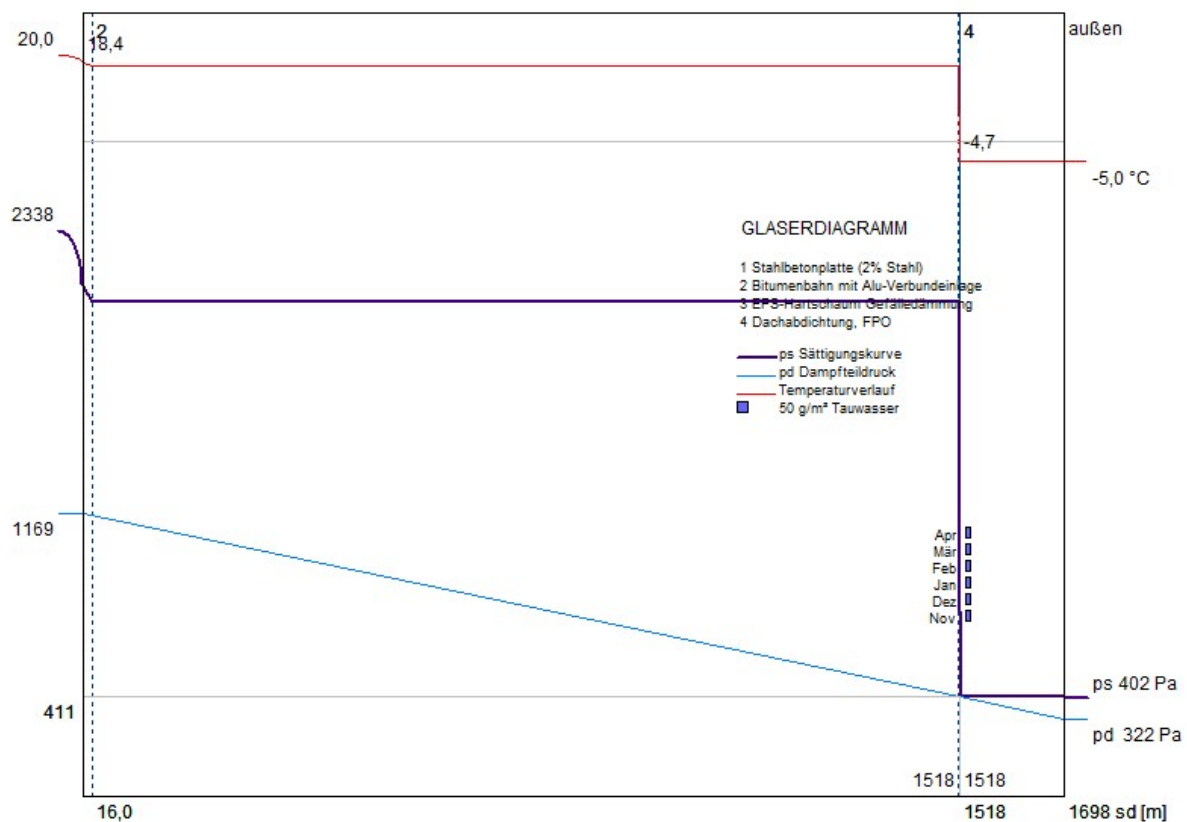
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	18,4	2111	1169
2 Bitumenbahn mit Alu-Verbunde	17,8	2042	1161
3 EPS-Hartschaum Gefälledämmung	17,8	2042	412
4 Dachabdichtung, FPO	-4,7	411	411
	-4,7	411	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,80$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	80	130	16,00	26,00	-> 16,00
2 kaltselfstklebende Bitumenbahn	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
3 EPS-Hartschaum Gefälledämmung	20	100	2,40	12,00	-> 2,40
4 Dachabdichtung, FPO	90000	90000	180,00	180,00	180,00

			$\Sigma \mu \cdot s =$		1698,40

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018**Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)**

Außentemperatur θ_e , äquivalente Außentemperatur θ_{eq} (Dach), Erdreichtemperatur $\theta_{e,s} = (\theta_e + \theta_{an})/2$ und relative Luftfeuchte φ_e für "Berlin"

Höhenkorrektur = 0,0 °C, mittlere Außenlufttemperatur $\theta_{an} = 8,9$ °C

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_e	°C	-0,9	-0,1	3,8	8,6	13,5	16,7	18,5	18,0	14,4	9,2	4,4	0,8
θ_{eq}	> °C	-2,9	-2,1	1,8	6,6	11,5	14,7	16,5	16,0	12,4	7,2	2,4	-1,2
$\theta_{e,s}$	°C	4,0	4,4	6,3	8,8	11,2	12,8	13,7	13,4	11,7	9,1	6,7	4,9
φ_e	%	85,0	81,0	75,0	70,0	67,0	69,0	70,0	73,0	80,0	83,0	85,0	86,0

Raumtemperatur θ_i und relative Luftfeuchte φ_i für "Wohnhäuser / Büros"

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_i	°C	20,0	20,0	20,0	20,0	21,8	23,4	24,3	24,0	22,2	20,0	20,0	20,0
φ_i	%	44,1	44,9	48,8	53,6	58,5	61,7	63,5	63,0	59,4	54,2	49,4	45,8

Tauwasser im BauteilinnerenBerechnung nach Abs. 6 mit θ_{eq} (Dach)

		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Dauer	h	720	744	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744
p _{di}	Pa	1154	1070	1031	1049	1140	1253	1527	1775	1928	1879	1589	1267
p _{de}	Pa	617	475	408	415	521	682	909	1154	1313	1327	1151	843

Querschnittsposition s_d und Sättigungsdampfdruck p_{sat}

	s_d [m]	p_{sat} [Pa]											
1	5,33	2318	2314	2312	2313	2317	2322	2598	2865	3026	2971	2663	2323
1	10,7	2299	2291	2287	2289	2297	2308	2586	2854	3015	2960	2651	2309
1	16,0	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	516	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	1016	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	1516	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
3	1516	2111	2068	2047	2057	2104	2163	2462	2740	2907	2852	2531	2171
3	1516	1954	1883	1850	1866	1942	2040	2355	2640	2813	2757	2426	2053
3	1517	1807	1713	1670	1690	1791	1923	2253	2544	2722	2665	2326	1940
3	1517	1670	1556	1505	1529	1651	1812	2154	2451	2633	2576	2229	1833
3	1517	1542	1413	1355	1382	1520	1706	2059	2361	2547	2489	2136	1731
3	1517	1423	1281	1218	1247	1398	1606	1968	2274	2464	2405	2046	1634
3	1517	1312	1160	1093	1124	1285	1511	1880	2189	2382	2324	1960	1542
3	1517	1209	1049	980	1012	1181	1422	1796	2108	2303	2245	1877	1454
3	1518	1112	948	877	910	1083	1336	1715	2029	2227	2168	1797	1371
3	1518	1023	855	784	817	993	1256	1637	1953	2152	2093	1719	1292
3	1518	940	770	700	732	910	1179	1562	1879	2080	2021	1645	1218
3	1518	863	693	624	656	833	1107	1491	1807	2010	1951	1574	1146
3	1518	792	623	548	583	761	1039	1422	1738	1942	1883	1505	1079
3	1518	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1578	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1638	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1698	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015

$$\text{Tauwassermenge } g_{c,i} = \text{Monatsstunden} / 1500 * ((p_{di} - p_{sat,i}) / s_{d,i} - (p_{sat,i} - p_{de}) / (\sum s_d - s_{d,i}))$$
Tauwasser-Akkumulation M_a durch Addition der Monatswerte $g_{c,i}$ Tauwasser bei $s_d = 1518,40\text{m}$ "EPS-Hartschaum Gefälledämmung - Dachabdichtung, FPO"

g_c	g/m^2	0	0	0	0	0	0	-1					
M_a	$\text{g/m}^2 >$	0	0	0	1	0	0						
		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt

Tauwasserbildung im Bauteilinneren tritt an einer oder mehreren Grenzflächen auf, verdunstet jedoch in den Sommermonaten vollständig. Die gesetzlichen Bestimmungen und Produktnormen sind zu beachten.

Bauteilquerschnitt

Projekt 2020-B-041 FU Berlin Seminargebäude

Bauteil: Dach DA04 Treppenhaus B

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	20,00	2400	480,0	2,500	0,080
02 kaltselbstklebende Bitumenbahn	0,25	-	5,2	99,000	0,000
03 EPS-Hartschaum Gefälledämmung	12,00	20	2,4	0,035	3,429
04 Dachabdichtung, FPO	0,20	1850	3,7	99,000	0,000
R_{se}					0,040
	d = 32,45	G =	491,3	$R_T =$	3,65

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,274 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärmegedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 3,51 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Klimabedingungen

(Ref-No 2.1)

Regelklima DIN 4108-3:2014

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	2000 Pa	Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

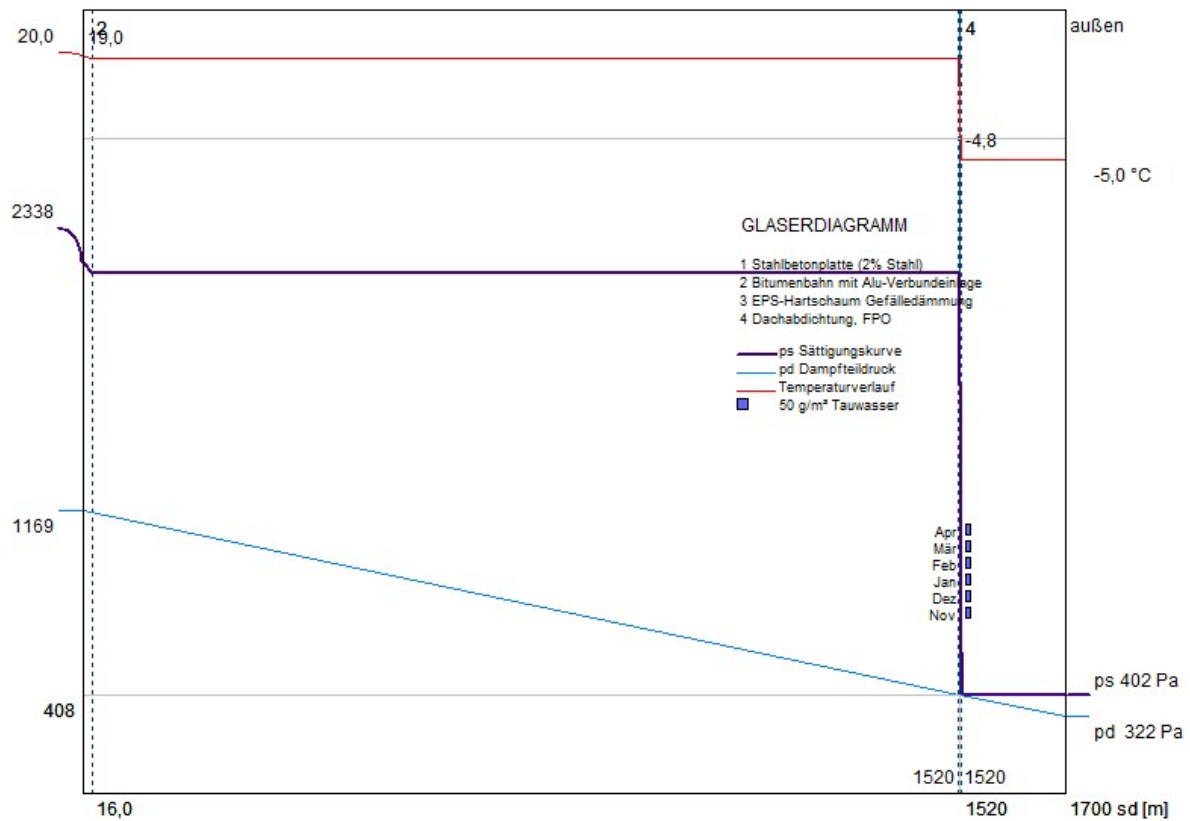
von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2338	1169
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	18,4	2111	1169
2 Bitumenbahn mit Alu-Verbunde	17,8	2042	1161
3 EPS-Hartschaum Gefälledämmun	17,8	2042	412
4 Dachabdichtung, FPO	-4,7	411	411
	-4,7	411	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,80$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Stahlbetonplatte (2% Stahl)	80	130	16,00	26,00	-> 16,00
2 Bitumenbahn mit Alu-Verbunde	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
3 EPS-Hartschaum Gefälledämmung	20	100	2,40	12,00	-> 2,40
4 Dachabdichtung, FPO	90000	90000	180,00	180,00	180,00

				$\Sigma \mu \cdot s =$	1698,40

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Außentemperatur θ_e , äquivalente Außentemperatur θ_{eq} (Dach), Erdreichtemperatur $\theta_{e,s} = (\theta_e + \theta_{an})/2$ und relative Luftfeuchte φ_e für "Berlin"

Höhenkorrektur = 0,0 °C, mittlere Außenlufttemperatur $\theta_{an} = 8,9$ °C

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_e	°C	-0,9	-0,1	3,8	8,6	13,5	16,7	18,5	18,0	14,4	9,2	4,4	0,8
θ_{eq}	> °C	-2,9	-2,1	1,8	6,6	11,5	14,7	16,5	16,0	12,4	7,2	2,4	-1,2
$\theta_{e,s}$	°C	4,0	4,4	6,3	8,8	11,2	12,8	13,7	13,4	11,7	9,1	6,7	4,9
φ_e	%	85,0	81,0	75,0	70,0	67,0	69,0	70,0	73,0	80,0	83,0	85,0	86,0

Raumtemperatur θ_i und relative Luftfeuchte φ_i für "Wohnhäuser / Büros"

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
θ_i	°C	20,0	20,0	20,0	20,0	21,8	23,4	24,3	24,0	22,2	20,0	20,0	20,0
φ_i	%	44,1	44,9	48,8	53,6	58,5	61,7	63,5	63,0	59,4	54,2	49,4	45,8

Berechnung nach Abs. 6 mit θ_{eq} (Dach)

		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Dauer	h	720	744	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744
p _{di}	Pa	1154	1070	1031	1049	1140	1253	1527	1775	1928	1879	1589	1267
p _{de}	Pa	617	475	408	415	521	682	909	1154	1313	1327	1151	843

Querschnittsposition s_d und Sättigungsdampfdruck p_{sat}

	s_d [m]	p_{sat} [Pa]											
1	5,33	2318	2314	2312	2313	2317	2322	2598	2865	3026	2971	2663	2323
1	10,7	2299	2291	2287	2289	2297	2308	2586	2854	3015	2960	2651	2309
1	16,0	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	516	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	1016	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
2	1516	2280	2268	2262	2265	2278	2293	2573	2842	3004	2950	2639	2295
3	1516	2111	2068	2047	2057	2104	2163	2462	2740	2907	2852	2531	2171
3	1516	1954	1883	1850	1866	1942	2040	2355	2640	2813	2757	2426	2053
3	1517	1807	1713	1670	1690	1791	1923	2253	2544	2722	2665	2326	1940
3	1517	1670	1556	1505	1529	1651	1812	2154	2451	2633	2576	2229	1833
3	1517	1542	1413	1355	1382	1520	1706	2059	2361	2547	2489	2136	1731
3	1517	1423	1281	1218	1247	1398	1606	1968	2274	2464	2405	2046	1634
3	1517	1312	1160	1093	1124	1285	1511	1880	2189	2382	2324	1960	1542
3	1517	1209	1049	980	1012	1181	1422	1796	2108	2303	2245	1877	1454
3	1518	1112	948	877	910	1083	1336	1715	2029	2227	2168	1797	1371
3	1518	1023	855	784	817	993	1256	1637	1953	2152	2093	1719	1292
3	1518	940	770	700	732	910	1179	1562	1879	2080	2021	1645	1218
3	1518	863	693	624	656	833	1107	1491	1807	2010	1951	1574	1146
3	1518	792	623	548	583	761	1039	1422	1738	1942	1883	1505	1079
3	1518	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1578	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1638	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015
4	1698	726	553	479	513	695	974	1356	1672	1876	1817	1439	1015

Tauwassermenge $g_{c,i} = \text{Monatsstunden} / 1500 * ((p_{di} - p_{sat,i}) / s_{d,i} - (p_{sat,i} - p_{de}) / (\sum s_d - s_{d,i}))$

Tauwasser-Akkumulation M_a durch Addition der Monatswerte $g_{c,i}$

Tauwasser bei $s_d = 1518,40\text{m}$ "EPS-Hartschaum Gefälledämmung - Dachabdichtung, FPO"

g_c	g/m^2	0	0	0	0	0	0	-1					
M_a	$g/m^2 >$	0	0	0	1	0	0						
		Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt

Tauwasserbildung im Bauteilinneren tritt an einer oder mehreren Grenzflächen auf, verdunstet jedoch in den Sommermonaten vollständig. Die gesetzlichen Bestimmungen und Produktnormen sind zu beachten.