



Stubenareal Freiburg – Wirtewohnung

Bauphysikalische Bewertung der eingebauten Innendämmungen

Bericht 2025-01

Universität Stuttgart
Institut für Werkstoffe im Bauwesen
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart

Berichtsdatum: 04.09.2025
Anzahl der Seiten: 47



Inhaltsverzeichnis

1	Innendämmsysteme	5
1.1	Allgemeine Informationen	5
1.2	Innendämmsysteme in der Wirtewohnung	7
1.2.1	Bestandskonstruktion	8
1.2.2	Isofloc LM (Fa. icofloc AG) Einblasdämmung	9
1.2.3	sto Aevero Innendämmplatte (Fa. Sto SE & Co. KGaA)	9
1.2.4	Aero Ball (Fa. ADT Aero Dämmtechnik GmbH) Dämmputz	10
1.2.5	Multipor (Fa. Xella Deutschland GmbH) Dämmplatte	10
1.2.6	Best wood FLEX 50 (Fa. best wood Schneider GmbH) - Holzfaserdämmplatte	11
2	Bauphysikalische Bewertung der Dämmvarianten der Wirtewohnung	12
3	Monitoringsystem	15
4	Bewertungsgrundlagen Innendämmungen – Basis Klimadaten	17
4.1	Allgemeine Grundlagen	17
4.2	Projektspezifische Grundlagen	17
5	Bewertung der Innendämmvarianten mit Hilfe der Klimadaten	19
5.1	Außenklima	19
5.2	Raumklima in der Wirtewohnung	19
5.3	Isofloc LM Einblasdämmung (Fa. isofloc AG)	21
5.4	Sto Aevero Innendämmplatte (Fa. Sto SE & Co. KGaA)	24
5.5	Aero Ball Dämmputz (Fa. ADT Aero Dämmtechnik GmbH)	28
5.6	Multipor Dämmplatte (Fa. Xella Deutschland GmbH)	31
5.7	Best wood FLEX 50 – Holzfaserplatte (Fa. best wood Schneider GmbH)	34
6	Zusammenfassung	37
7	Anhang 1 - Außenklima – Freiburg	41
8	Anhang 2 – Ergebnisse Gaststube OG – Fachwerk	43
9	Anhang 3 – Boxplot - Raumluftbedingungen	46
10	Literatur	47



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stoßlüften	6
Abbildung 2: Lüften bei Wasserdampf.....	6
Abbildung 3: Ausreichen heizen	7
Abbildung 4: Eingebaute Dämmvarianten	7
Abbildung 5: Lagerung der Decken Quelle und Skizze: Architekturbüro Sutter	8
Abbildung 6: Bestand vor Sanierung – Bruchsteinmauerwerk mit Gipsputz raumseitig	8
Abbildung 7: Raum 1.13 – isofloc LM Einblasdämmung.....	9
Abbildung 8: Raum 1.12 – sto Aevero Dämmplatte	9
Abbildung 9: Raum 1.11 – ADT Aero Ball Dämmputz.....	10
Abbildung 10: Raum 1.09 – Multipor Dämmplatte.....	10
Abbildung 11: best wood FLEX 50 - Holzfaserdämmplatte.....	11
Abbildung 12: Gegenüberstellung U-Wert und Systemstärke.....	13
Abbildung 13: Gegenüberstellung U-Wert / Wärmeverlust / Treibhauspotenzial.....	14
Abbildung 14: Skizze Messstellen 50 cm FOK und 20 cm unter Decke	15
Abbildung 15: Skizzierte Sensorpositionen in den verschiedenen Räumen	16
Abbildung 16: Positionen der Raumklimasensoren.....	16
Abbildung 17: Monatsmittelwerte Frost - und Eistage 2022 – 2025.....	19
Abbildung 18: Raumtemperaturen – Boxplotdarstellung.....	20
Abbildung 19: Relative Raumluftfeuchten – Boxplotdarstellung.....	20
Abbildung 20: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Einblasdämmung – Messstelle 11.....	22
Abbildung 21: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Einblasdämmung – Messstelle 12.....	22
Abbildung 22: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,2m Decke	23
Abbildung 23: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,5m FOK.....	23
Abbildung 24: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,2m Decke	24
Abbildung 25: Isophletenmodell des Schimmelpilzwachstums mit Risikozonen nach Sedlbaur	25
Abbildung 26: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 9	26
Abbildung 27: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 10	26
Abbildung 28: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 9	27
Abbildung 29: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 10	27
Abbildung 30: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmputz – Messstelle 7	28
Abbildung 31: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmputz – Messstelle 8	29
Abbildung 32: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,5m FOK – Messstelle 7	29
Abbildung 33: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,2m Decke – Messstelle 7	30
Abbildung 34: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,5m FOK – Messstelle 8	30
Abbildung 35: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 3	31
Abbildung 36: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 4	32
Abbildung 37: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 3	32
Abbildung 38: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 3	33
Abbildung 39: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 4	33
Abbildung 40: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 4	34
Abbildung 41: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Holzfaserplatte – Messstelle 5.....	35
Abbildung 42: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Holzfaserplatte – Messstelle 6	35

Abbildung 43: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfasерplatte 0,5m FOK – Messstelle 5	36
Abbildung 44: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfasерplatte 0,2m Decke – Messstelle 5....	36
Abbildung 45: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfasерplatte 0,5m FOK – Messstelle 6	37
Abbildung 46: Monatswerte Außentemperaturen 2018 – 2025.....	41
Abbildung 47: Monatswerte Niederschlag 2018 – 2025.....	41
Abbildung 48: Monatswerte Sonnenscheindauer 2018 – 2025.....	41
Abbildung 49: Klima 2022 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020)	42
Abbildung 50: Klima 2023 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020)	42
Abbildung 51: Klima 2024 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020)	42
Abbildung 52: Klima 2025 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020).....	42
Abbildung 53: Raumtemperaturen – Boxplotdarstellung – A 1.01 Wirtsstube	43
Abbildung 54: rel. Raumluftfeuchten – Boxplotdarstellung – A 1.01 Wirtsstube	43
Abbildung 55: Raumklima und Nahfeldklima Fachwerk	44
Abbildung 56: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Gefach.....	44
Abbildung 57: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Holzständer	45
Abbildung 58: Beschreibung Boxplot.....	46
Abbildung 59: Aus Daten der deutschen Test-Referenzjahre ermittelte Verläufe der Raumluftfeuchte	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hinweise für die Ausführung von Fachwerk im Hinblick auf den Schlagregenschutz	6
Tabelle 2: System- bzw. Funktionsart der Innendämmsysteme	7
Tabelle 3: Mindestwärmeschutz DIN 4108-2.....	12
Tabelle 4: Ökobilanz	13
Tabelle 5: Hitzeschutz	14
Tabelle 6: Einordnung der raumseitigen Feuchtelasten in Kategorien nach Abbildung 59	21
Tabelle 7: Feuchtelasten beim Wohnen in historischen Gebäuden mit Innendämmung	38
Tabelle 8: Vergleich dampfbremsende vs. diffusionsoffene und kapillaraktive Innendämmsysteme	39
Tabelle 9: Einsatzempfehlungen der verschiedenen System	39

Abkürzungsverzeichnis

Diagramme

NF	Relative Nahfeldfeuchte (%)
	Relative Luftfeuchte zwischen Grundputz und Dämmung (Grenzschicht)
NT	Nahfeldtemperatur (°C)
	Temperatur zwischen Grundputz und Dämmung (Grenzschicht)
OT	Oberflächentemperatur (°C)
	Temperatur auf Grundputz in der Grenzschicht
RF	Relative Luftfeuchte im Raum (%)
RT	Temperatur im Raum (°C)
TP	Taupunkttemperatur (°C)

Text

FOK	Fußbodenoberkante
r. F.	Relative Luftfeuchte (%)
S _d -Wert	Wird als die Dicke einer ruhenden Luftschicht angegeben, die den gleichen Diffusionswiderstand wie das Material hätte.
U-Wert ¹	Wärmedurchgangskoeffizient (W/m²K)

1 Innendämmsysteme

1.1 Allgemeine Informationen

Innendämmungen werden zur Verbesserung des Wärmeschutzes eingesetzt. Konstruktionen mit Innendämmungen stellen besondere feuchtetechnische Anforderungen in Hinblick auf Dampfdiffusion, Schlagregen und Wärmebrücken. Der Einbau einer Innendämmung erfordert daher immer eine sorgfältige Planung und eine fachgerechte Ausführung.

Durch den Einbau einer Innendämmung wird aufgrund des zusätzlichen Wärmedurchlasswiderstandes die innere Oberflächentemperatur der Außenwand erhöht. Damit können Kondensatbildung und das Wachstum von Schimmelpilzen raumseitig vermieden werden. Gleichzeitig wird durch die Reduzierung der Differenz zwischen Raumluft- und Oberflächentemperatur die thermische Behaglichkeit erhöht. Des Weiteren bewirkt eine Innendämmung, dass sich Räume im Winter schneller aufheizen. Dagegen ist die Auswirkung von Innendämmungen auf den sommerlichen Wärmeschutz gering.

Innendämmsysteme können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- **Diffusionsdichte oder diffusionsbremsende Systeme**
Dämmstoffe mit hohem Diffusionswiderstand oder Systeme mit raumseitiger Dampfbremschicht verhindern bzw. reduzieren den Dampfdiffusionsstrom in die Wand hinein. Der Diffusionswiderstand muss ausreichen groß sein, um eine Kondensatbildung an der kalten Seite der Dämmung zu verhindern. Jedoch sollte er gleichzeitig möglichst gering sein, um im Sommer eine Trocknung nach innen zuzulassen. Daher sind moderat diffusionshemmende Dampfbremsen den diffusionsdichten Dampfsperren vorzuziehen. Sog. feuchtevariablen Dampfbremsen sind eine gute Alternative, um sowohl die sommerlichen als auch die winterlichen Anforderungen zu erfüllen.
- **Diffusionsoffene und kapillaraktive Systeme**
Kapillaraktive System erlauben im Winter einen Dampfdiffusionsstrom vom Raum in die Wand. Dieser Strom nimmt die anfallende Feuchtigkeit auf und transportiert sie kapillar in Richtung Raum zurück. Dadurch wird das Feuchteniveau der Wand dauerhaft auf ein unkritisches Maß gesenkt. Zusätzlich kann die diffusionsoffene Wand Feuchtspitzen aus der Raumluft puffern und auch erhöhte Feuchtelasten der Bestandskonstruktion nach innen austrocknen.

Großen Einfluss auf das Raumklima und somit auf die potenzielle Feuchtebelastung eines Innendämmsystems hat das Nutzerverhalten. Folgende Hinweise sind immer zu beachten:

- Aktuelle Regeln und Empfehlungen zum Raumklima „Richtiges Heizen und Lüften“ (Abbildung 1 bis Abbildung 3)
- Auf systemverträgliche Produktauswahl bei späteren Renovierungen achten
- U. U. erneute bauphysikalische Bewertung der Innendämmsystems notwendig, wenn signifikante Raumklimaänderungen geplant sind

Da der Schlagregenschutz erheblichen Einfluss auf die feuchtetechnische Funktion eine Dämmsystems hat, sollten innengedämmte Fassaden in gewissen Zeitabständen grundsätzlich auf Schäden hin untersucht werden. Die Entstehung von Fugenflankenabrissen bei Klinkerfassaden infolge Temperaturschwankungen kann i. d. R. nicht vermieden werden. Durch diese Risse kann die Feuchtaufnahme an Bereichen einer Fassade höher sein als an anderen, so dass sich hier und in angrenzenden Bereichen möglicherweise Schäden einstellen.

Bei Fachwerkhäusern dringt Schlagregen nicht nur über die Fläche, sondern besonders über die zahlreichen Fugen zwischen Holzfachwerk und Ausfachungen oder über Risse in den Hölzern in die

Wand ein. Daher sind Schutzmaßnahmen fassadenbezogen festzulegen [1]. Hierzu gehören einerseits die Einordnung der Schlagregenbelastung und andererseits der konstruktive Schlagregenschutz. Hinweise für Fachwerke unter dem Gesichtspunkt des Schlagregenschutzes sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Hinweise für die Ausführung von Fachwerk im Hinblick auf den Schlagregenschutz [1]

Regenbeanspruchung	Beanspruchungsgruppe DIN 4108-3	Ausführung Schlagregenschutz
Wetterabgewandte oder geschützte Fassaden	I	Fachwerksichtig möglich, keine zusätzlichen Anforderungen an die Bau- und Dämmstoffe
	II	
	III	Fachwerksichtig möglich, beidseitige Trocknung muss gegeben sein, kapillarwirksame Baustoffe
Freistehende oder direkt angeströmte Fassaden	I	In der Regel konstruktiver Regenschutz (z. B. Dachüberstand) oder Bekleidung erforderlich
	II	

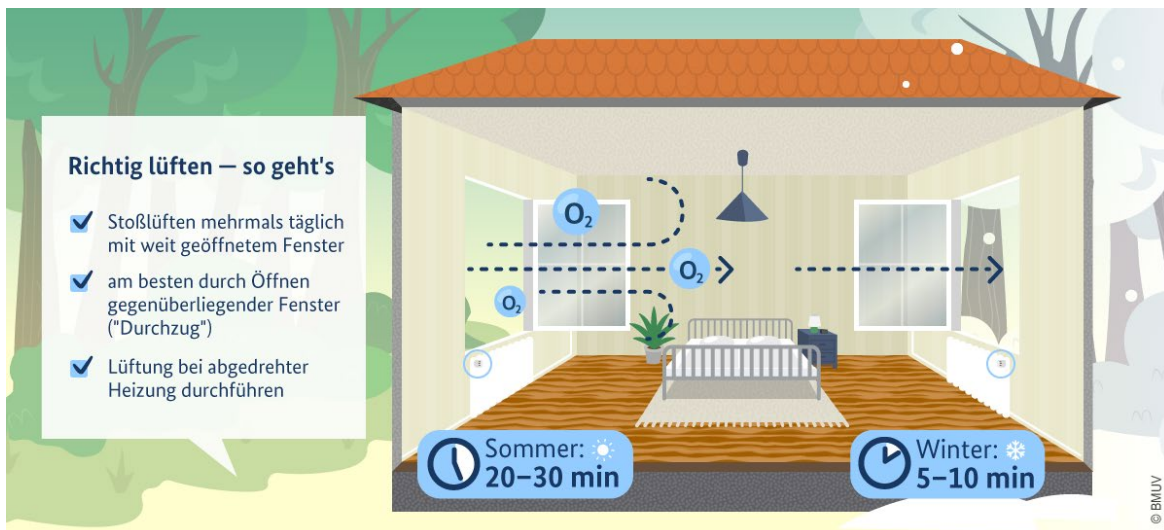


Abbildung 1: Stoßlüften



Abbildung 2: Lüften bei Wasserdampf

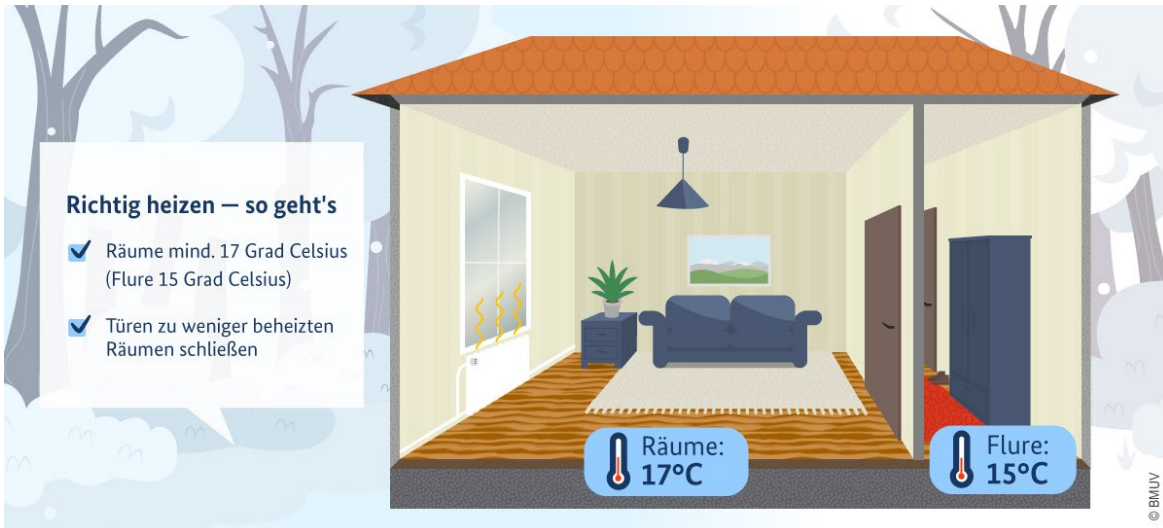


Abbildung 3: Ausreichen heizen

1.2 Innendämmsysteme in der Wirtewohnung

In der Wirtewohnung wurden sowohl dampfbremsende als auch kapillaraktive Dämmvarianten verbaut (Tabelle 2).

Tabelle 2: System- bzw. Funktionsart der Innendämmsysteme

Innendämmsystem	Diffusionsdicht oder diffusionsbremsend	Diffusionsoffen und kapillaraktiv
Isofloc LM - Einblasdämmung	x	
Sto-Aeverso - Innendämmplatte		x
ADT AERO BALL - Dämmputz		x
Multipor - Mineraldämmplatte		x
Best wood FLEX 50	x	

Die Lage der verschiedenen Innendämmsysteme können Abbildung 4 entnommen werden. Nachfolgend werden die Bestandskonstruktion und die Innendämmsysteme konstruktiv und funktional beschrieben.

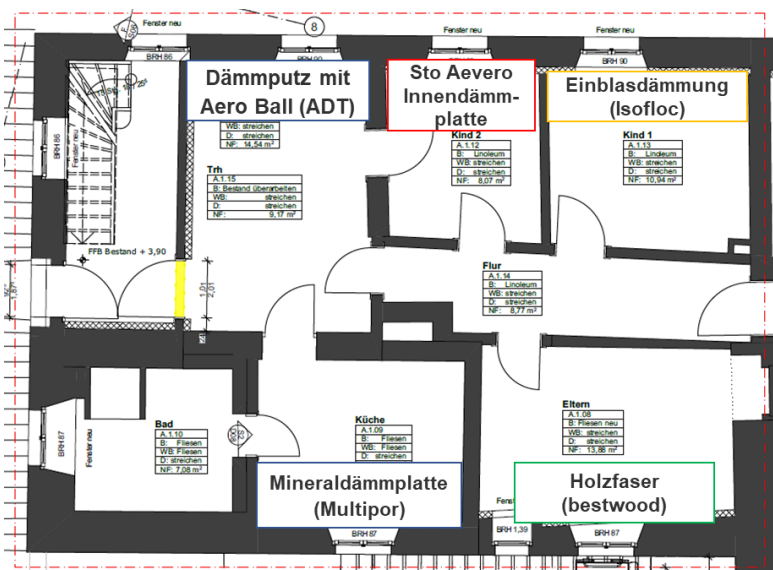


Abbildung 4: Eingebaute Dämmvarianten

1.2.1 Bestandskonstruktion

Die Wirtewohnung ist als Obergeschoss auf einem Gewölbe aufgebaut. Ihre Außenwände bestehen aus einem Bruchsteinmauerwerk mit einer Stärke von 720 mm, auf die raumseits ca. 20 mm Gipsputz und außen ca. 20 mm Kalkzementputz aufgebracht sind. In die Außenwände konstruktiv einbindende Holzbauteile konnten bei Sondierungen nicht festgestellt werden. Auch im Bereich der Decken sind keine ins Mauerwerk einbindende Holzbauteile vorhanden. Abbildung 5 zeigt, dass die Holzbalken der Decke auf einer Auflagerschwelle gelagert werden, vor der eine dünne Holzbohle in Richtung Raum auf dem Mauerwerk aufliegt. Die vorhandene Wärmebrücke wurde seitens des Bauherrn entschärft, in dem eine Zellschäumdämmung eingebracht wurde. Da keine Bestimmung der hygrothermischen Kenndaten des Außenmauerwerks im Labor erfolgt sind, ist das Bruchsteinmauerwerk für die bauphysikalische Bewertung als saugend und inhomogen einzustufen. Abbildung 6 zeigt den Aufbau des Bestandsmauerwerks. Der nach DIN EN ISO 6946 [2] berechnete U-Wert¹ beträgt 1,83 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ist mit mangelhaft zu bewerten.

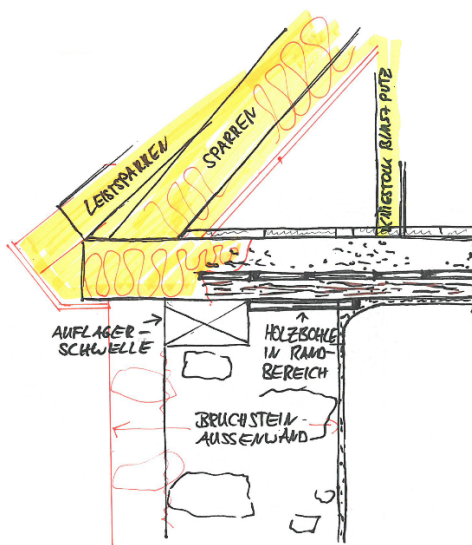


Abbildung 5: Lagerung der Decken

Quelle und Skizze: Architekturbüro Sutter

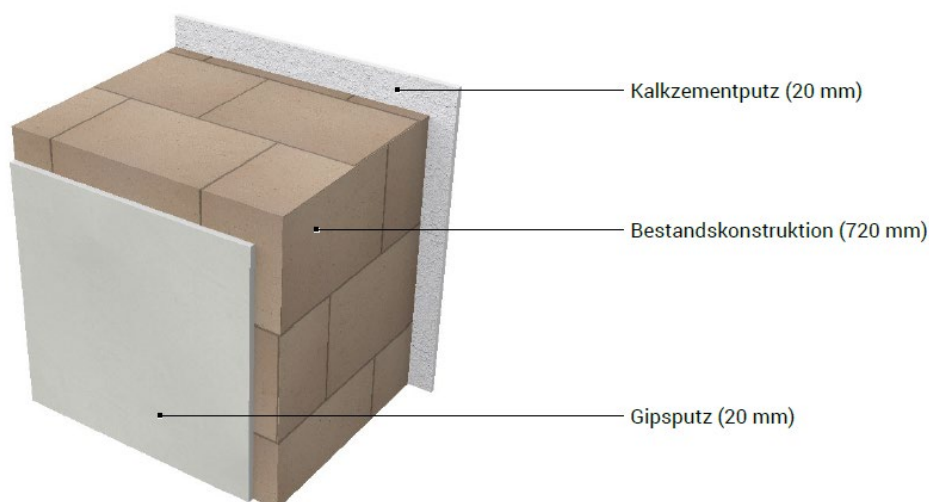


Abbildung 6: Bestand vor Sanierung – Bruchsteinmauerwerk mit Gipsputz raumseitig

1.2.2 Isofloc LM (Fa. icofloc AG) Einblasdämmung

Das in diesem dampfbremsenden System verwendete Dämmmaterial besteht zu 93 % aus Altpapierfasern [4] und zählt zu den nicht in Norm 4108-10 [5] geregelten Dämmstoffen. Abbildung 7 zeigt das Bestandsmauerwerk mit Innendämmsystem. Bei diesem System kommt eine sog. variable Dampfbremse [6] zum Einsatz. Es handelt sich um eine „klimagesteuerte“ Membran, die im Winter gegen Feuchte abdichtet und im Sommer ermöglicht sie eine sichere Austrocknung. Der nach DIN EN ISO 6946 berechnete U-Wert¹ der Konstruktion beträgt 0,37 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 ist mit gut zu bewerten. Die Dicke des Dämmpaketes beträgt 122 mm.

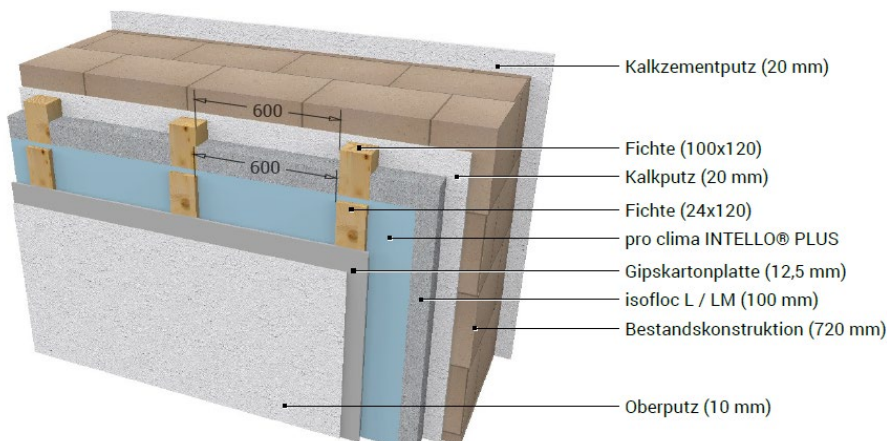


Abbildung 7: Raum 1.13 – isofloc LM Einblasdämmung

1.2.3 sto Aevero Innendämmplatte (Fa. Sto SE & Co. KGaA)

Bei diesem System handelt es sich um ein diffusionsoffenes und kapillaraktives System [7]. Ein Bestandteil dieser Platten ist Aerogel. Aerogele sind hochporöse Festkörper aus meist amorphem Siliziumoxid, deren Volumen zu über 90 % aus luftgefüllten Poren besteht. Diese Poren sorgen dafür, dass die Energieübertragung, die durch die Bewegung der Luftmoleküle entsteht, sehr verringert wird. Die Dämmstoffplatte zählt nicht zu den in DIN 4108-10 [5] geregelten Dämmstoffen. Der nach DIN EN ISO 6946 [2] berechnete U-Wert¹ der Konstruktion beträgt 0,35 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ist mit gut zu bewerten. Die Dicke des Dämmpaketes beträgt 52 mm. Abbildung 8 zeigt das Bestandsmauerwerk mit Innendämmsystem.

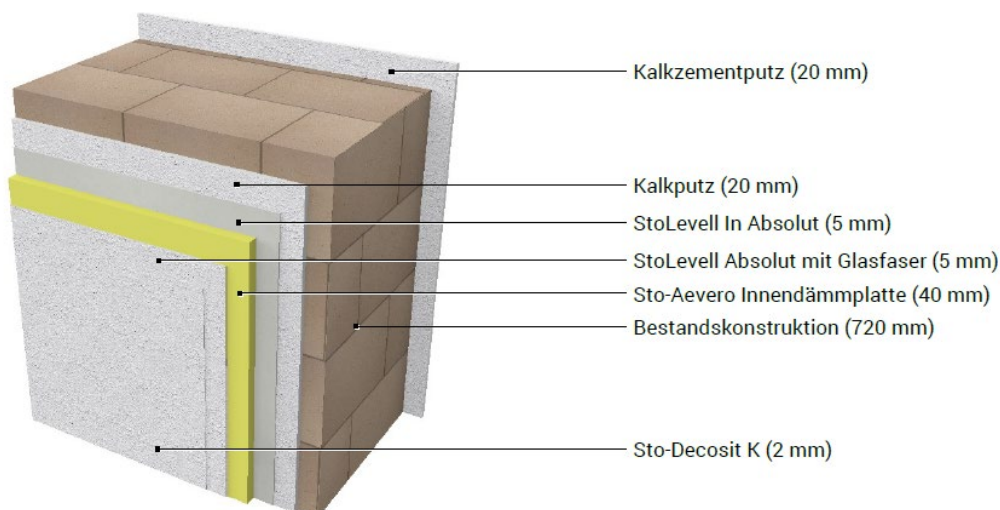


Abbildung 8: Raum 1.12 – sto Aeverso Dämmplatte

1.2.4 Aero Ball (Fa. ADT Aero Dämmtechnik GmbH) Dämmputz

Es handelt sich ebenfalls um ein diffusionsoffenes und kapillaraktives System. Ein Bestandteil dieses Dämmputzes ist der Leichtzuschlag Aero Ball [8]. Dieser Leichtzuschlag besteht aus aufgeblähten Perliten und ist im Vergleich mit herkömmlichen Perliten geschlossenzellig. Der Dämmputz zählt nicht zu den in DIN 4108-10 [5] geregelten Dämmstoffen. Der nach DIN EN ISO 6946 [2] berechnete U-Wert¹ der Konstruktion beträgt 0,77 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ist mit mangelhaft zu bewerten. Die Dicke des Dämmpaketes beträgt 68 mm. Abbildung 9 zeigt das Bestandsmauerwerk mit Innendämmsystem.



Abbildung 9: Raum 1.11 – ADT Aero Ball Dämmputz

1.2.5 Multipor (Fa. Xella Deutschland GmbH) Dämmplatte

Das vorgestellte Innendämmsystem ist ein diffusionsoffenes und kapillaraktives System. Bei dieser Dämmplatte handelt es sich um eine mineralische hochporöse Dämmplatte [9]. Die Dämmstoffplatte zählt nicht zu den in DIN 4108-10 [5] geregelten Dämmstoffen. Der nach DIN EN ISO 6946 [2] berechnete U-Wert¹ der Konstruktion beträgt 0,50 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ist mit befriedigend zu bewerten. Die Dicke des Dämmpaketes beträgt 73 mm. Abbildung 10 zeigt das Bestandsmauerwerk mit Innendämmsystem.

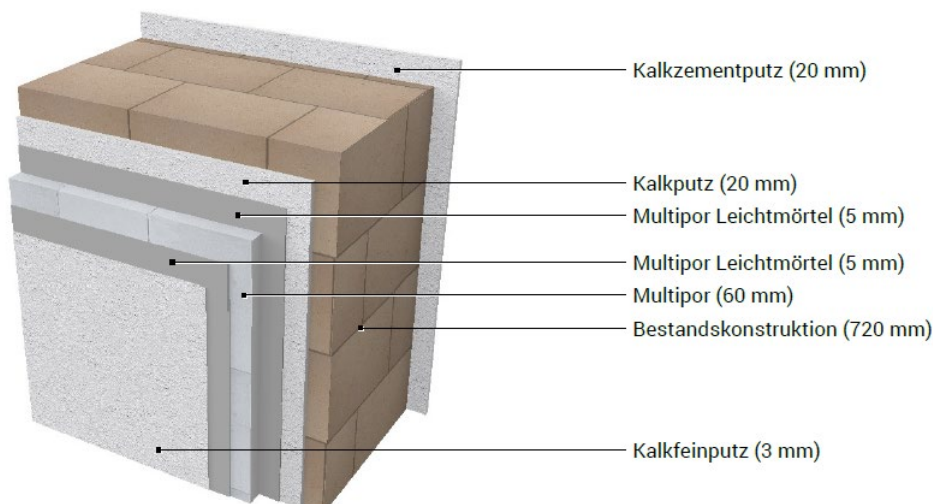


Abbildung 10: Raum 1.09 – Multipor Dämmplatte

1.2.6 Best wood FLEX 50 (Fa. best wood Schneider GmbH) - Holzfaserdämmplatte

Die in diesem dampfbremsenden System verwendete Dämmplatte besteht aus Holzfasern [10] und zählt zu den in Norm 4108-10 [5] geregelten Dämmstoffen. Abbildung 11 zeigt das Bestandsmauerwerk mit Innendämmsystem. Bei diesem System kommt eine variable Dampfbremse zum Einsatz. Der nach DIN EN ISO 6946 [2] berechnete U-Wert¹ der Konstruktion beträgt 0,37 W/m²K. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ist mit gut zu bewerten. Die Dicke des Dämmpaketes beträgt 112,5 mm.

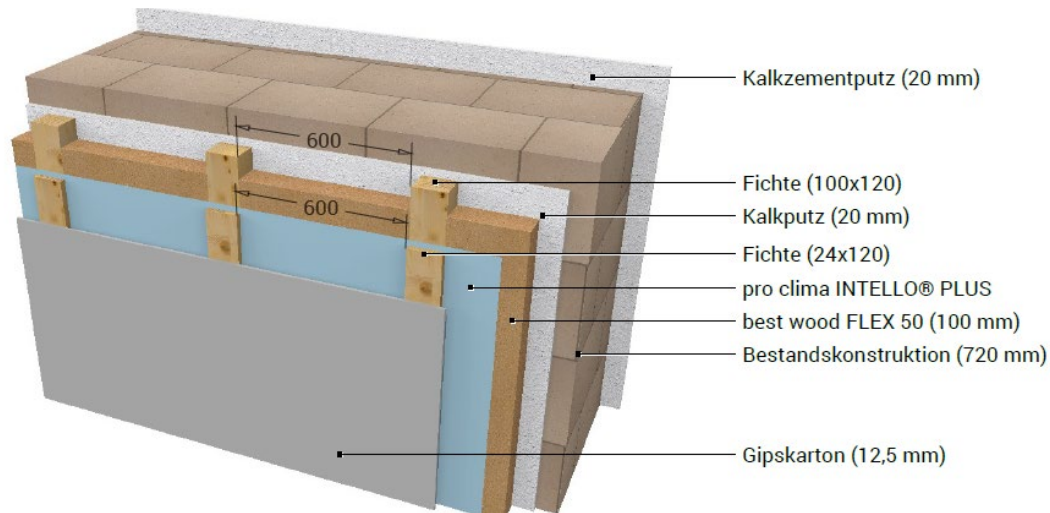


Abbildung 11: best wood FLEX 50 - Holzfaserdämmplatte

2 Bauphysikalische Bewertung der Dämmvarianten der Wirtewohnung

Wandkonstruktionen bedürfen nach DIN 4108-3 [11] eines Feuchteschutznachweises zur Begrenzung des Tauwasserausfalles innerhalb der Konstruktion. Hier sind Bedingungen genannt, bei denen die Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen als unkritisch gilt. Neben absoluten Grenzwerten, denen Betrachtungen zur Beständigkeit der Materialien gegenüber biologischem Befall und Frost zugrunde liegen, muss nachgewiesen werden, dass die in der Tauperiode in der Konstruktion eingelagerte Feuchtigkeit in der Trocknungsperiode wieder abgegeben werden kann und der Gesamtfeuchtegehalt der Konstruktion über mehrere Jahre hinweg nicht kumuliert. Bei dem in der DIN 4108-3 [11] genormten Glaser-Verfahren handelt es sich jedoch um ein vereinfachtes Rechenverfahren, das ausschließlich Wärmeleitung und Dampfdiffusion unter stationären Randbedingungen berücksichtigt. Wenn neben der Raumluftfeuchte jegliche weitere Feuchteeinwirkung auf die Außenwandkonstruktion ausgeschlossen werden kann, ist bei dampfbremsenden und dampfdichten Systemaufbauten ein Feuchteschutznachweis mit dem Glaser-Verfahren möglich. Bei Systemen, bei denen die zu dämmende Konstruktion die Einflüsse von Schlagregen, Baufeuchte, Umkehrdiffusion im Sommer und die in Kapitel 1 beschriebenen Feuchtespeicher- und Flüssigkeitstransportvorgänge maßgebend sind, ist das Glaser-Verfahren nicht geeignet. Der Feuchteschutznachweis nach DIN 4108-3 Anhang A [11] kann zwar für die Dämmvariante Aeroball (ADT) durchgeführt werden, ist jedoch aus den bereits beschriebenen Gründen nicht sinnvoll. Diese Systeme scheitern bei einer Feuchteschutzbewertung nach DIN 4108-3 [11] am anfallenden Tauwasser und an der Zeitspanne der Verdunstungsperiode, da die Norm eine maximale Tauwassermenge von 0,5 kg/m² und eine Verdunstungsperiode von 90 Tagen erlaubt. Bei den dampfbremsenden Innendämmsystemen wie isofloc LM und best wood FLEX 50 kann der Feuchteschutznachweis ebenfalls nicht geführt werden, da hier eine variable Dampfbremse eingebaut wurde, die in der stationären Rechnung nach Glaser nicht nachgebildet werden kann.

Zur Sicherstellung der Schimmelfreiheit von Oberflächen müssen die Mindestwärmeschutzanforderungen nach DIN 4108-2 [3] eingehalten werden. Hieraus resultiert die Bemessungsgrundlage für Schimmelpilzwachstum. Die Bemessungsgrundlage ist eine Raumluftfeuchte von 50 % bei einer Raumtemperatur von 20°C. Wird diese Luft auf 12,6°C abgekühlt, werden 80 % relative Luftfeuchte erreicht. Befindet sich relative Luftfeuchte über einen längeren Zeitraum oberhalb 80 %, ist ein Schimmelpilzwachstum nicht mehr auszuschließen. Allen untersuchten Innendämmvarianten gleich ist, dass unter Anwendung DIN 4108-2 [3] keine Schimmelbildung auf der raumseitigen Oberfläche zu erwarten ist.

Tabelle 3: Mindestwärmeschutz DIN 4108-2 [3]

Kennwerte	Be- stand	Isofloc LM	STO Aevero	Aero Ball	Multi- por	Best Wood
U-Wert (W/m²K)¹	1,83	0,37	0,35	0,77	0,50	0,37
Tauwasser (kg/m ²)	0,374	0,119	1,65	0,60	4,19	0,12
Verdunstungsperiode (d)	9	40	109	84	104	41
Oberflächentemperatur Raum (°C)	10,6	16,6	17,9	15,6	17,1	16,4
Rel. Luftfeuchte Oberfläche (%)	91	62	57	66	60	63
Schimmelbildung zu erwarten?	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Max. Verdunstungsmenge (kg/m ²)	0,605		-	0,644	-	-
Trocknungsreserve (g/(m ² a))	242	153	-	45	-	0,147
Bewertung DIN 4108-3 Anhang A [11]	Ja	Nein*	Nein**	Ja	Nein**	Nein*

* Bauteil enthält eine Dampfbremse mit variablem sd-Wert. DIN 4108-3 ist bei variablen sd-Werten nicht anwendbar

** DIN 4108-3 nicht anwendbar mit $R > 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ bei einschaliger Außenwand mit ausgeprägten sorptiven und kapillaren Eigenschaften

Tabelle 3 zeigt die Kennwerte auf, die sich aus den Berechnungen zum Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 [3] ergeben. Die eingebauten Innendämmsysteme reduzieren, mit Ausnahme des Systems mit dem Dämmputz Aero Ball von ADT den U-Wert¹ des Bestandes auf $\leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

In Abbildung 12 sind die Systemvarianten in Bezug auf ihren U-Wert¹ und ihre Systemstärke einander gegenübergestellt. Auf den ersten Blick wird deutlich, dass die dampfbremsenden Systeme einen hohen Dämmwert bei einer großen Systemstärke haben. Um jedoch mit der Innendämmplatte Multipor und dem Dämmputz Aero Ball einen ähnlich hohen Dämmwert zu erhalten, müsste die Systemstärke ebenfalls erhöht werden. Bei ähnlichem U-Wert¹ läge die Systemstärke der Multiporplatte von Xella bei 10,3 cm und beim Dämmputz von Aero Ball ADT ca. 17 cm. Die Dämmplatte Sto Aevero hat den besten Dämmwert bei geringster Systemstärke im Vergleich mit den anderen eingebauten Systemen.

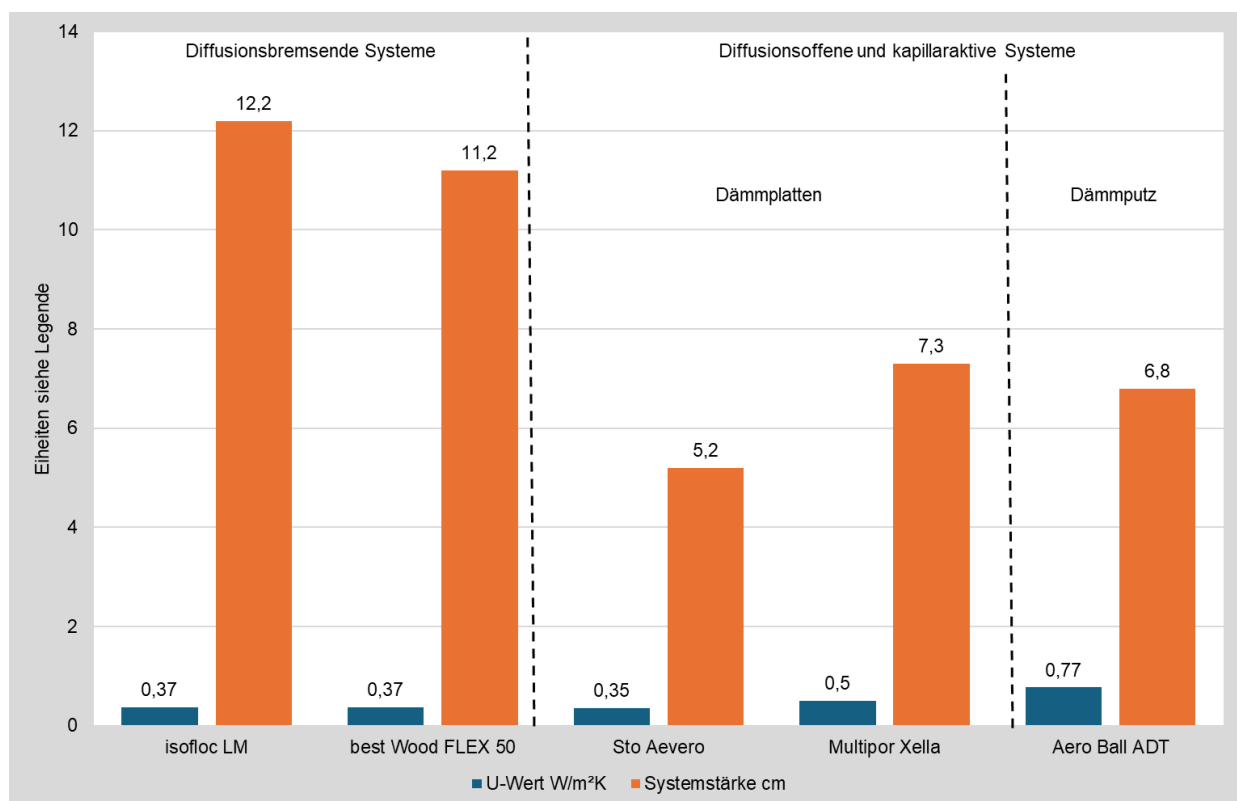


Abbildung 12: Gegenüberstellung U-Wert und Systemstärke

In Tabelle 4 ist das Ergebnis einer vereinfachten Ökobilanzierung dargestellt. Wie zu erwarten wird der Wärmeverlust durch den Einbau eines Innendämmsystems deutlich verringert.

Tabelle 4: Ökobilanz

Kennwerte	Bestand	Isofloc LM	STO Aevero	Aero Ball	Multi-por	Best Wood
Wärmeverlust (kWh/m^2)*	142	29	27	60	39	29
Primärenergie (nicht erneuerbar) (kWh/m^2)**	177	201	> 189	> 246	> 192	> 192
Treibhauspotenzial ($\text{kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2$)***	63	51	71	94	71	47

* Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter des Bauteils während der Heizperiode entweicht. Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

** Nicht erneuerbare Primärenergie, die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde („cradle to gate“)

*** Menge an freigesetzten Treibhausgasen bei der Produktion der verwendeten Baustoffe („cradle to gate“)

Abbildung 13 zeigt die Gegenüberstellung der verschiedenen Systemvarianten in Bezug auf die Kennwerte U-Wert¹, Wärmeverlust und Treibhauspotenzial. Es wird deutlich, dass die diffusionsbremsenden System in Bezug auf die betrachteten Kennwerte am besten abschneiden. Bei ihnen sind im Gegensatz zu den Dämmplatten und dem Dämmputz keine zementhaltigen Bindemitteln enthalten. Da bei beim Herstellungsprozess des Zementklinkers viel CO₂ freigesetzt wird und zusätzlich Emissionen beim Brennprozess entstehen, gilt vereinfacht: je höher der Zementanteil in einem Material, desto höher das Treibhauspotenzial.

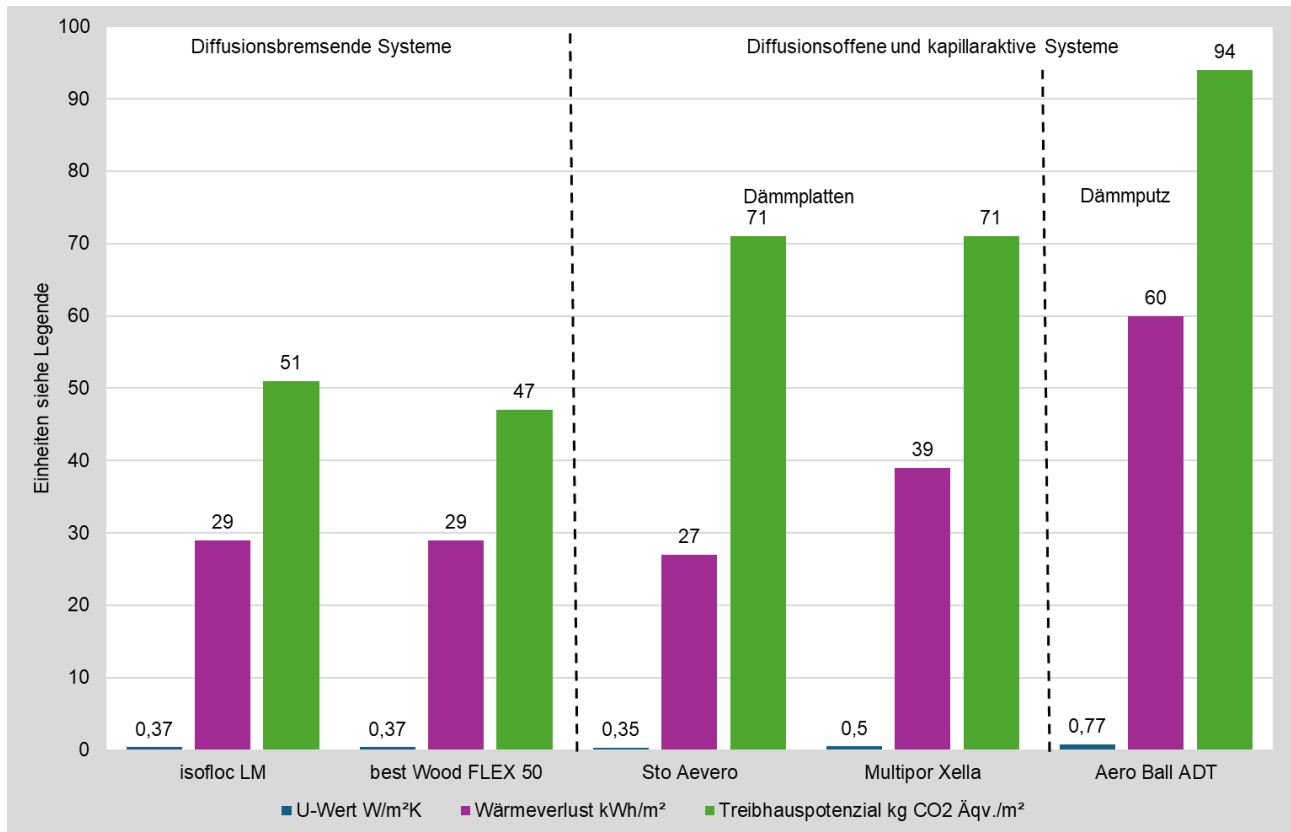


Abbildung 13: Gegenüberstellung U-Wert / Wärmeverlust / Treibhauspotenzial

Wie bereits erwähnt ist der Einfluss einer Innendämmung auf den Hitzeschutz eines Bauteils nur geringfügig. In Tabelle 5 sind einige Kennwerte bzgl. des Hitzeschutzes dargestellt. Der sehr gute Hitzeschutz der Bestandskonstruktion wird durch eine Innendämmung weder positiv noch negativ beeinflusst.

Tabelle 5: Hitzeschutz

Kennwerte	Bestand	Isofloc LM	STO Aevero	Aero Ball	Multi-por	Best Wood
Phasenverschiebung (h)*	15,2	-	23,2	18,5	18,7	23,2
Amplitudendämpfung**	31,1	> 100	77,5	49	48,3	82,6
TAV***	0,032	0,008	0,013	0,020	0,02	0,012
Wärmespeicherfähigkeit Bauteil (kJ/m²K)	1322	1377	1352	1316	1345	1361
Wärmespeicherfähigkeit innere Schichten (kJ/m²K)	437	144	114	214	149	130

* Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachträgliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht

** Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil.

*** Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung. TAV = 1/Amplitudendämpfung

3 Monitoringsystem

Für das Monitoringsystem wurde in jedem Raum, der mit einer Innendämmung versehen ist, an bauphysikalisch kritischen Positionen Sensoren zwischen der raumseitigen Putzlage und der Dämmung (Grenzschicht) in verschiedenen Höhenlagen (50 cm FOK und 20 cm unter Decke) eingebaut (Abbildung 14). Die Lage der Sensoren resultiert aus der Tatsache, dass es sich bei dieser Ebene, um die Ebene handelt, in der Tauwasser entstehen könnte. In Abbildung 15 sind die Positionen schematisch dargestellt. Zusätzlich wird das Raumklima (Abbildung 16) in jedem Raum erfasst. An den benannten Positionen wurden Sensoren zur Erfassung des sog. Nahfeldklimas (Sensor, der Temperatur und relative Luftfeuchte im Nahfeld des zu analysierenden Objektes erfasst. Das Nahfeldklima wurde im Rahmen des Projektes zwischen Grundputz und Dämmschicht erfasst. Der Sensor wird mit einem individuell angefertigten Halter in geringem Abstand zum Grundputz angebracht und danach mit Dämmung umhüllt.) und der Oberflächentemperatur (Sensor wird direkt auf dem Grundputz angebracht. Die danach eingebaute Dämmung umhüllt den Sensor) installiert. Mit Hilfe des sog. Nahfeldklimas kann einerseits das klimatische Risikopotenzial für die Bildung von Schimmelpilz erfasst werden und andererseits können die Sensordaten zur Berechnung der Taupunkttemperatur genutzt werden. Der Vergleich der Taupunkttemperatur mit dem Wert des zugehörige Oberflächentempersensor zeigt dann, ob und in welchen Zeiträumen sich Tauwasser in der Konstruktion ausbildet. Des Weiteren gibt die relative Luftfeuchte Auskunft darüber, ob sich die Feuchtelast im Bauteil im Laufe der Zeit erhöht, sich ein Niveau einpendelt oder sich eine Trocknung einstellt.

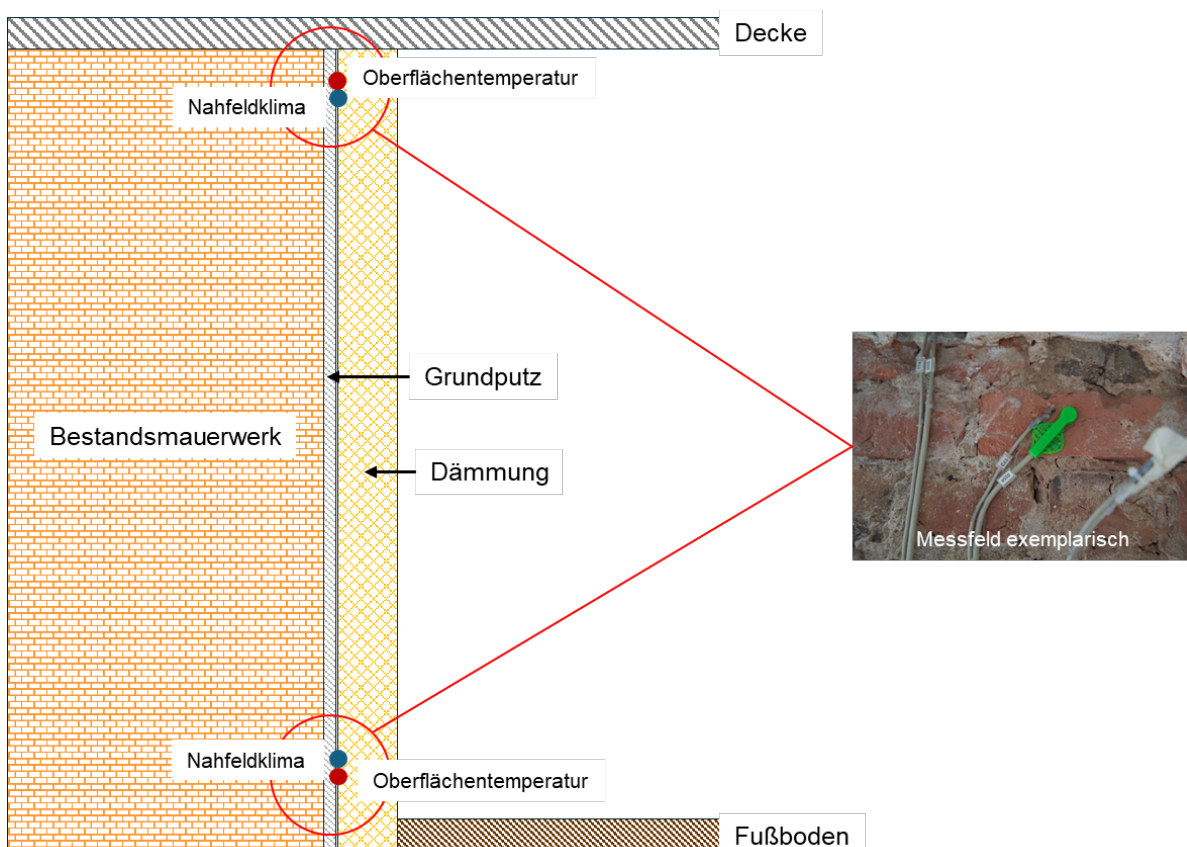


Abbildung 14: Skizze Messstellen 50 cm FOK und 20 cm unter Decke

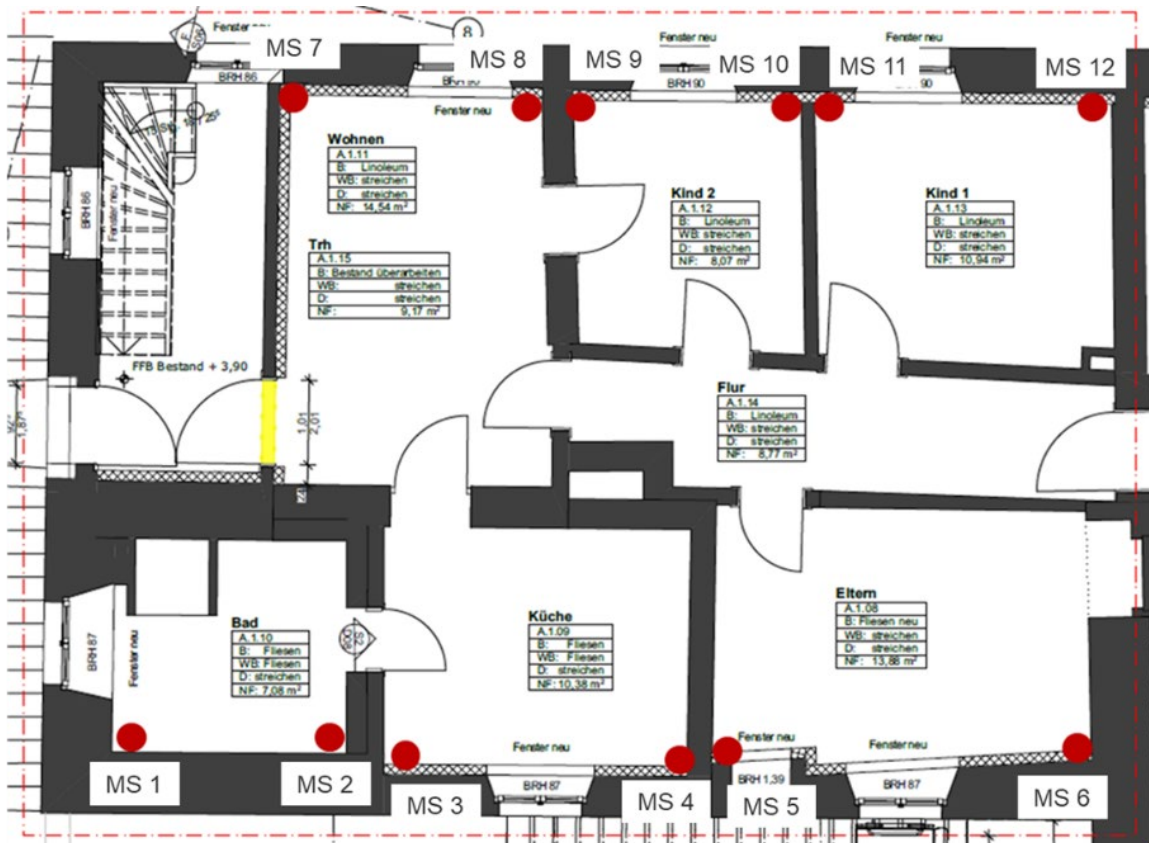


Abbildung 15: Skizzierte Sensorpositionen in den verschiedenen Räumen

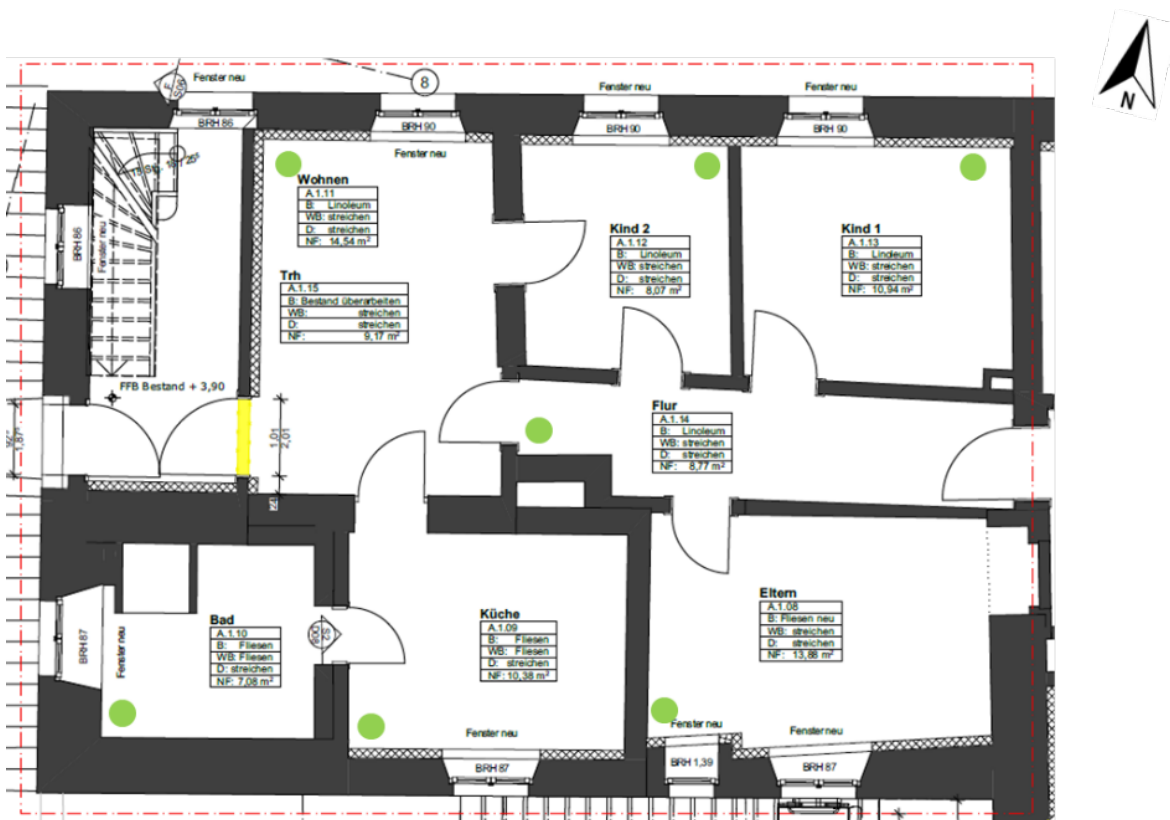


Abbildung 16: Positionen der Raumklimasensoren

4 Bewertungsgrundlagen Innendämmungen – Basis Klimadaten

4.1 Allgemeine Grundlagen

Im Unterschied zum Glaser-Verfahren (Norm-Verfahren) werden bei der Bewertung der Messdaten keine allgemeingültigen Versagenskriterien genutzt. Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit der eingesetzten Materialien bewertet. Analog jedoch zum normativen Verfahren ist das erste Beurteilungskriterium, dass sich in der Konstruktion langfristig kein Wasser ansammeln darf. Daher kommt der langfristigen Betrachtung der relativen Luftfeuchte der betrachteten Schichten eine besondere Bedeutung zu.

Die Gefahr von Schimmelpilzbildung an raumseitigen Oberflächen ist nach Durchführung einer Innendammaßnahme eher selten. Deutlich problematisch sieht es dagegen in Luftspalten auf der kalten Seite der Dämmung aus. Aufgrund der niedrigen Temperaturen steigen im Winter die relativen Luftfeuchten hier immer wieder in Bereiche, bei denen Schimmelpilzwachstum möglich wäre. Um dies zu vermeiden, muss vor allem eine Hinterströmung der Innendämmung mit Raumluft ausgeschlossen werden. Im Merkblatt der WTA [12] wird als Grenzkriterium für die Feuchte hinter der Dämmung 95 % angegeben. Begründet wird dieser Wert mit der Vermeidung von freiem Tauwasser im Porengefüge und als Vorbeugung von Schaden durch Frost. Untersuchungen haben gezeigt, dass unter deutschen Klimabedingungen die Temperatur der Wandbereiche direkt hinter einer Innendämmung in der Regel nicht unter -5 °C fällt. Bei einem Wassergehalt im Gleichgewicht mit 95 % r. F. kann damit eine Eisbildung ausgeschlossen werden. Für diesen Wert spricht auch das Thema Holzschutz. Untersuchungen haben gezeigt, dass holzerstörende Pilze während der Heizperiode erst oberhalb dieses Grenzwertes aktiviert werden. D. h. dieses Grenzkriterium sorgt auch dafür, dass Holzfäule unter einer Innendämmung ausgeschlossen werden kann. Da Holzteile bei Außenwänden, z. B. im Bereich von einbindenden Decken oder angrenzenden Fußböden sowie als Montagehilfen häufig vorkommen, stellt die Begrenzung der relativen Feuchte, sowohl in der Innendämmung als auch zwischen Wand und Dämmung und darunter, eine zusätzliche Sicherheit dar. Eine gewisse Überschreitung dieses Kriteriums bedeutet noch nicht, dass ein System nicht funktioniert. Allerdings sollte der Systemhersteller für solche Fälle angeben, bis zu welchen Wassergehalten sein System problemlos verwendet werden kann.

Die Bewertung der erfassten Klimadaten im Hinblick auf die Funktionstüchtigkeit der Innendammaßnahme erfolgt in Abhängigkeit des gewählten Systems. Für dampfbremsende System sind folgende Risikopotenziale langfristig zu bewerten:

- Tauwasserbildung
- Biogener Befall (Schimmelpilz)
- Auffeuchtung Konstruktion

Für diffusionsoffene und kapillaraktive Systeme müssen nur zwei der drei Schadenspotenziale, die Auffeuchtung und das Risikopotenzial für biogenen Befall (Schimmelpilzbildung) betrachtet werden, da hier systembedingt Kondensat anfallen darf.

4.2 Projektspezifische Grundlagen

Ab Juni 2021 wurden die Messdaten kontinuierlich, im 2-Minutentakt, erfasst. Da die Wirtewohnung zu diesem Zeitpunkt noch im Bau war, wird für die Bewertung der Funktionstüchtigkeit der Innendämmsysteme der Zeitpunkt der Fertigstellung der Wirtewohnung (Juni 2022) bis Juli 2025 herangezogen. Für die Bewertung der Funktion von Innendämmsystemen ist es wichtig, dass Messdaten über einen langen Zeitraum vorliegen, dass ein sog. Langzeitmonitoring erfolgt. In Bezug auf Innendämmsysteme sollten daher Daten von mindestens fünf Winterperioden erfasst werden. Begründet

liegt dies zum einen an der Tatsache, dass sich möglicherweise, abhängig der Witterungs- und Nutzungsverhältnisse, einstellende kumulierte Feuchtelasten und die damit einhergehenden Risikopotenziale erst nach einer längeren Zeit abschließend bewerten lassen. Zum anderen hängt die Bewertung der Funktion eines Systems stark von den äußeren Klimaverhältnissen ab. In einem Zeitraum von fünf Jahren besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass sich Außenklimate einstellen die Funktion des Innendämmsystems bei kritischen Außenklimabedingungen erlauben.

Obwohl es zu einigen Sensordefekten während der Baumaßnahmen und danach gekommen ist, liegen für eine sichere Bewertung der Funktion der Innendämmungen genügend Datenpunkte vor. Die Bewertung der zu untersuchenden Innendämmsysteme erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt werden die außenklimatischen Verhältnisse des Mess- bzw. Bewertungszeitraums analysiert und hinsichtlich ihres Einflusses auf die Innendämmung bewertet.

Im zweiten Schritt werden die raumklimatischen Verhältnisse in der Wirtewohnung analysiert und hinsichtlich ihres klimatischen Einflusses auf die Innendämmsysteme eingeordnet. Zur Vereinfachung der Darstellung werden die Raumklimate als sog. Boxplots dargestellt. Bei Boxplot-Diagrammen handelt es sich um eine Art der statistischen Datenauswertung. Auf diese Weise können klimatische Verhältnisse vereinfacht dargestellt und bewertet werden. Eine detaillierte Erklärung dieser Darstellungsweise kann Kapitel 9 entnommen werden. Abbildung 16 zeigt die Positionierung der Raumklimasensoren im Grundriss der Wirtewohnung.

Abschließend erfolgt die Bewertung der zu untersuchenden Innendämmsysteme grafisch durch Darstellung der Klimadaten in Form von Diagrammen der einzelnen Messstellen:

- Gegenüberstellung Raum- und Nahfeldklima (Grenzschicht Grundputz/Dämmung)
Mit Hilfe dieser Grafik werden die Risikopotenziale Schimmelpilzbildung nach WTA [12] (rot gestrichelte Linie markiert die 95 %-Grenze der relativen Luftfeuchte in der Grenzschicht), Frost in der Grenzschicht und Auffeuchtung der Konstruktion bewertet
- Gegenüberstellung der Taupunkttemperatur und der Oberflächentemperatur in der Grenzschicht
Hier wird aus dem Wertepaar des Nahfeldklimas die Taupunkttemperatur berechnet. Diese wird dann der Oberflächentemperatur gegenübergestellt. Liegt die Oberflächentemperatur unterhalb der Taupunkttemperatur fällt Tauwasser in der Grenzschicht aus.

5 Bewertung der Innendämmvarianten mit Hilfe der Klimadaten

5.1 Außenklima

Die in Kapitel 7 dargestellten Klimadaten zeigen, dass es sich in der Zeitspanne, in der bisher Daten erfasst wurden um relativ „warme“ Jahre gehandelt hat. Unter Frosttage werden Tage verstanden, bei denen das Minimum der Lufttemperatur liegt unterhalb des Gefrierpunktes, das Maximum wird nicht berücksichtigt. Eistage dagegen liegt das Maximum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes, d. h. es herrscht durchgehend Frost. Die Betrachtung der Frost- und Eistage (Abbildung 17) im Untersuchungszeitraum zeigt jedoch, dass sich im Jahr 2024 und zu Beginn des Jahres 2025 zeitweise Außentemperaturen eingestellt haben, die eine Bewertung unter extremen Randbedingungen erlauben.

Jahreswerte: Frost- und Eistage Freiburg (2018 bis 2025)

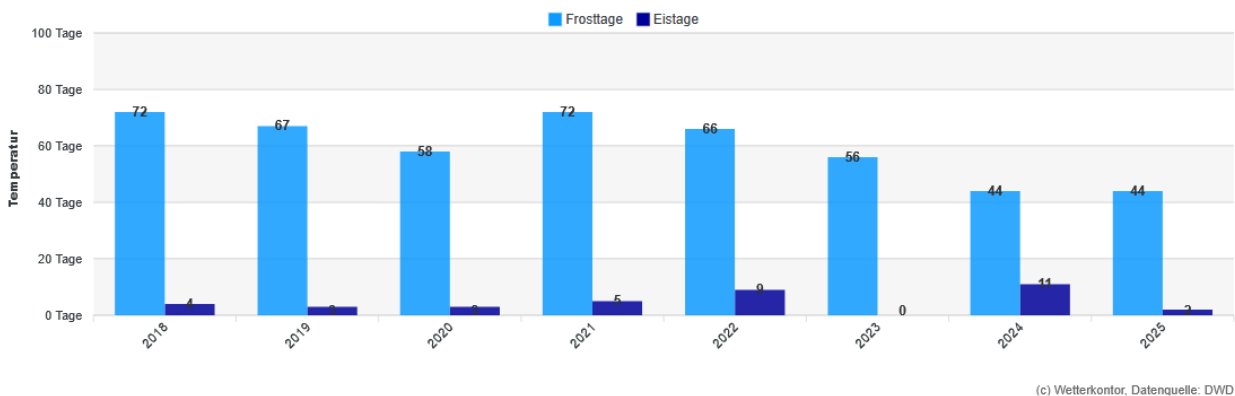


Abbildung 17: Monatsmittelwerte Frost - und Eistage 2022 – 2025 [14]

5.2 Raumklima in der Wirtewohnung

In Abbildung 18 sind alle in der Wirtewohnung erfassten Raumtemperaturen dargestellt, auch der Diele (A 1.14) und des Badezimmers (A 1.10). Für die Bewertung der Raumtemperatur wird im Rahmen dieser Bewertung nur die Box der Boxplots herangezogen (50 % der Daten). Der an das Treppenhaus (Aufgang Vereine) angrenzende Raum A 1.11 zeigt die größten Temperaturschwankungen. Hier bilden sich auch die geringsten Temperaturen aus, d. h. dieser Raum hat im Vergleich mit den anderen Räumen das niedrigste Temperaturniveau. Das höchste Temperaturniveau und die geringsten Temperaturschwankungen sind in Raum A 1.14 (Dielen) zu beobachten. Ausgenommen dem Dielenbereich liegen die sich im Jahresgang in den Räumen einstellenden Temperaturen i. d. R. zwischen 14 °C und 25 °C. Die sich in den Räumen einstellenden Temperaturen können als unbedenklich in Bezug auf die Funktion von Innendämmsystemen eingestuft werden.

In Abbildung 19 sind die relativen Luftfeuchten der Räume über den Betrachtungszeitraum dargestellt. Hier bilden die Räume A 1.11, A 1.13 (Zimmer) und A 1.10 (Badezimmer) eine Ausnahme. Das Feuchteniveau dieser Zimmer liegt deutlich über dem aller anderen. Eine weitere Ausnahme bildet die Diele, hier stellt sich das geringste Feuchteniveau ein. Bei allen anderen Räumen liegen die jahreszeitlich bedingten relativen Luftfeuchten zwischen 44 % und 65 %. Da die raumseitige relative Raumluftfeuchte einen erheblichen Einfluss auf die Funktion eines Innendämmsystems hat, werden die vorherrschenden relativen Raumluftfeuchten in Kategorien eingeteilt (Abbildung 59). Tabelle 6 zeigt die Einordnung der raumseitigen Feuchtelast. Hier wird deutlich, dass die Feuchtelasten in der Wirtewohnung als normal bis hoch (Ausnahme Diele) eingestuft werden können.

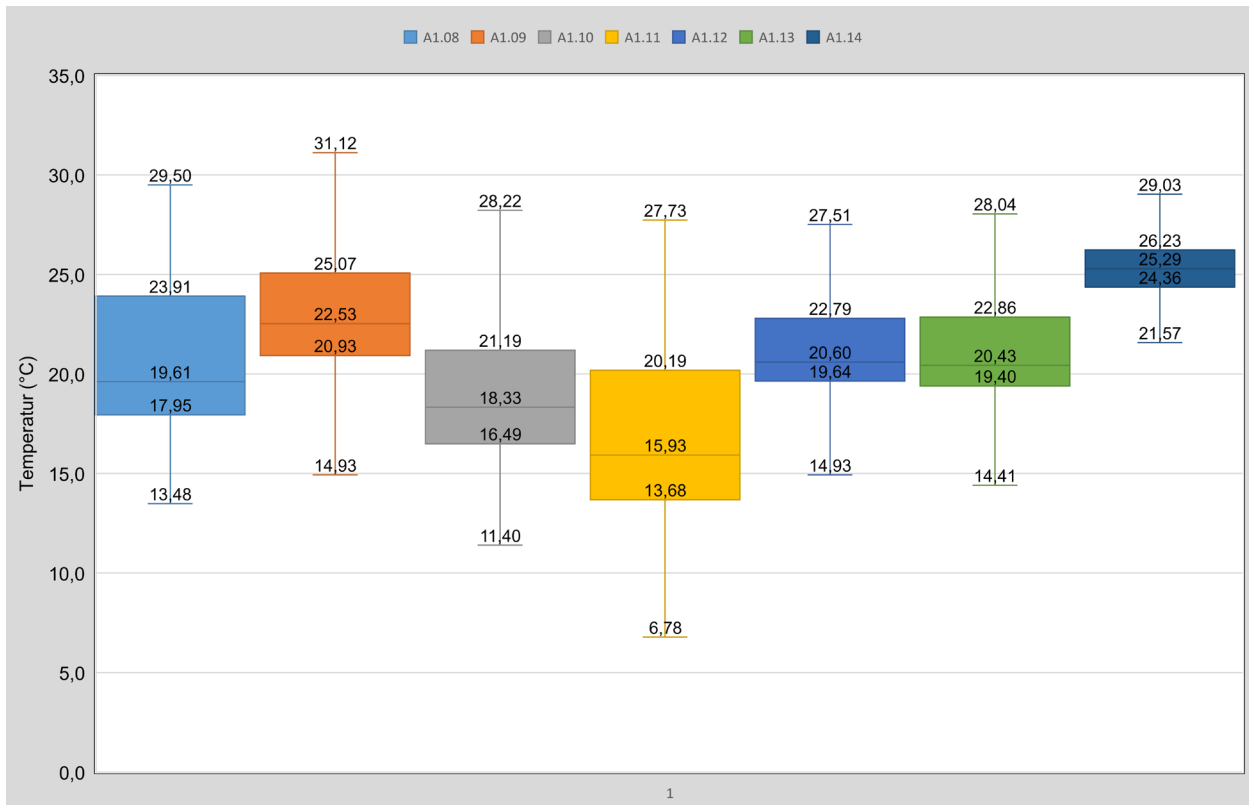


Abbildung 18: Raumtemperaturen – Boxplotdarstellung

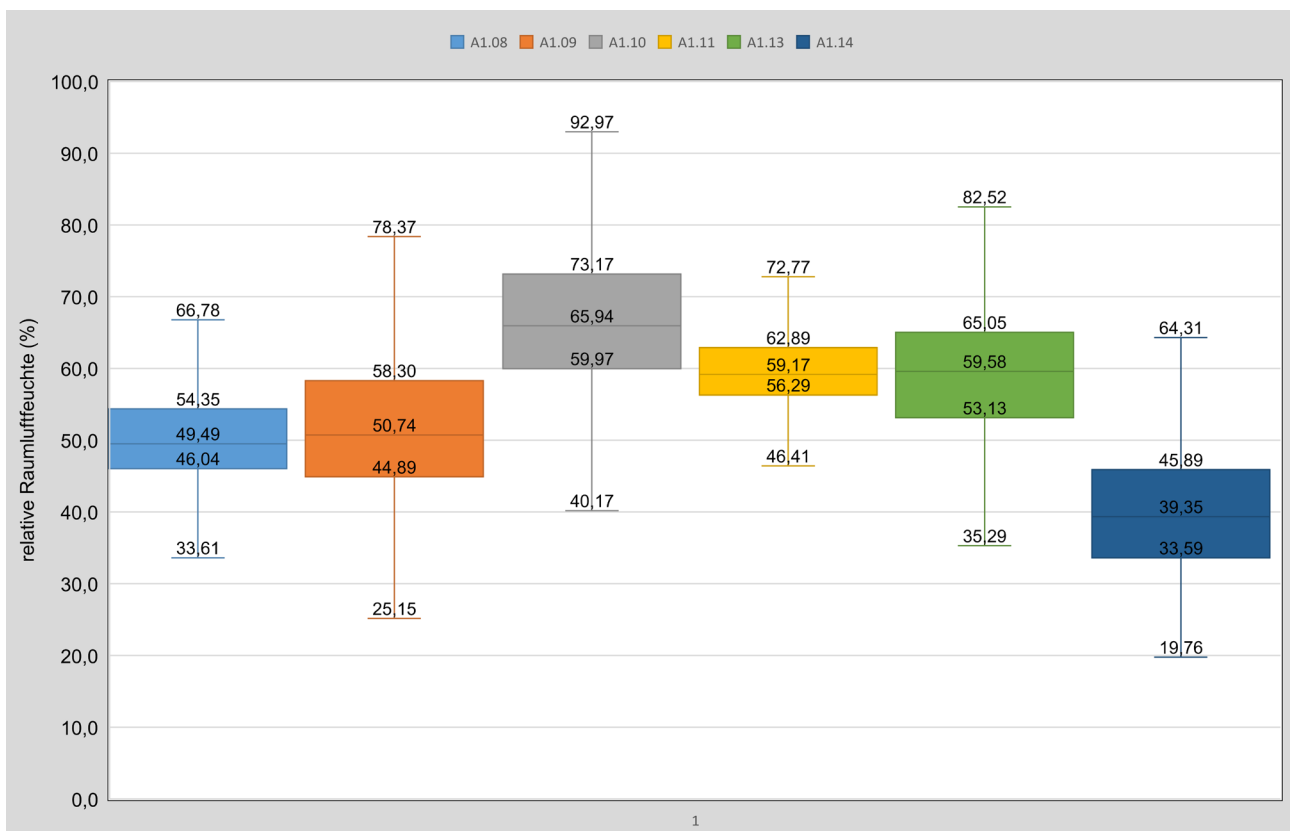


Abbildung 19: Relative Raumluftfeuchten – Boxplotdarstellung

Tabelle 6: Einordnung der raumseitigen Feuchtelasten in Kategorien nach Abbildung 59

Raum / Feuchtelast	Gering	Normal	Hoch
A 1.08		x	
A 1.09		x	
A 1.10 (Bad)			x
A 1.11			x
A 1.12*			x
A 1.13			x
A 1.14 (Diele)	x		

* Sensor relative Raumlufffeuchte defekt – Nutzung r. F. von Raum A 1.13

5.3 Isofloc LM Einblasdämmung (Fa. isofloc AG)

Die Einblasdämmung isofloc LM wurde an der Außenwand des Raumes A 1.13 eingebaut. Die Analyse des Raumklimas ergibt für diesen Raum eine normale Feuchtelast (Tabelle 6).

In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind die Raum- und Nahfeldklimare der Grenzfläche Grundputz/Dämmung dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich an den Messstellen 50 cm FOK etwas höhere relative Luftfeuchten an der Grenzfläche ausbilden. Das Risikopotenzial für Schimmelpilzbildung ist als sehr gering einzustufen, da zwar die relative Luftfeuchte während kälterer Witterungsperioden ansteigt, jedoch immer unterhalb des 95 %-Grenzwertes bleibt. Während wärmerer Witterungsperioden ist die Funktionsweise der feuchtevariablen Dampfbremse gut zu erkennen. Während dieser Zeiträume reduzieren sich die relativen Luftfeuchten und somit auch die Materialfeuchten in der Grenzschicht, d. h. es findet eine Trocknung statt.

Analog zu den bereits festgestellten unterschiedlichen Niveaus der relativen Luftfeuchten im Boden- und Deckenbereich, zeigen sich auch Unterschiede beim Risikopotenzial hinsichtlich von Tauwasserausfällen in der Grenzschicht. Im Bereich der Decke (Abbildung 22 und Abbildung 24) besteht nur Ende Dezember 2022, während einer sehr kalten Witterungsperioden, die Gefahr eines Tauwasserausfalls in der Grenzschicht. Dagegen besteht im Bodenbereich (Abbildung 23) während kalter Witterungsperioden immer die Gefahr der Tauwasserbildung in der Grenzschicht.

Erfahrungsgemäß resultieren Effekte, wie sie bei diesem Dämmsystem im Bodenbereich entstehen als Folge von Hinterströmungen der variablen Dampfbremse. Hinterströmungen sind oft die Folge von Dampfbremsen, die im Bereich des Anschlusses nicht ordnungsgemäß verlegt oder aber bei weiteren Bauarbeiten oder während der Nutzung beschädigt werden. Prinzipiell besteht aktuell noch kein Problem hinsichtlich des entstandenen Tauwassers, da die verwendete Einblasdämmung Feuchte aufnehmen kann und sich während der Sommermonate die bereits beschriebenen Trocknungsprozesse einstellen. Ob es zu Aufweichungen im Bodenbereich kommt, kann erst durch ein sog. Langzeitmonitoring geklärt werden. Die sich während des Untersuchungszeitraum im Grenzbereich einstellenden Temperaturen zeigen, dass auch während sehr kalter Witterungsperioden in diesem Bereich kein Frost einstellt.

Die Funktion des untersuchten Dämmsystems ist nach aktueller Datenlage gegeben. Jedoch ist zu empfehlen, dass ein Blower-Door-Test durchgeführt werden sollte, um mögliche Undichtigkeiten zu detektieren.

Die Durchführung solchen Tests nach Einbau der Dampfbremse wird seitens der Verfasserin immer empfohlen, da so bereits in dieser Bauphase Undichtigkeiten erkannt und beseitigt werden können.

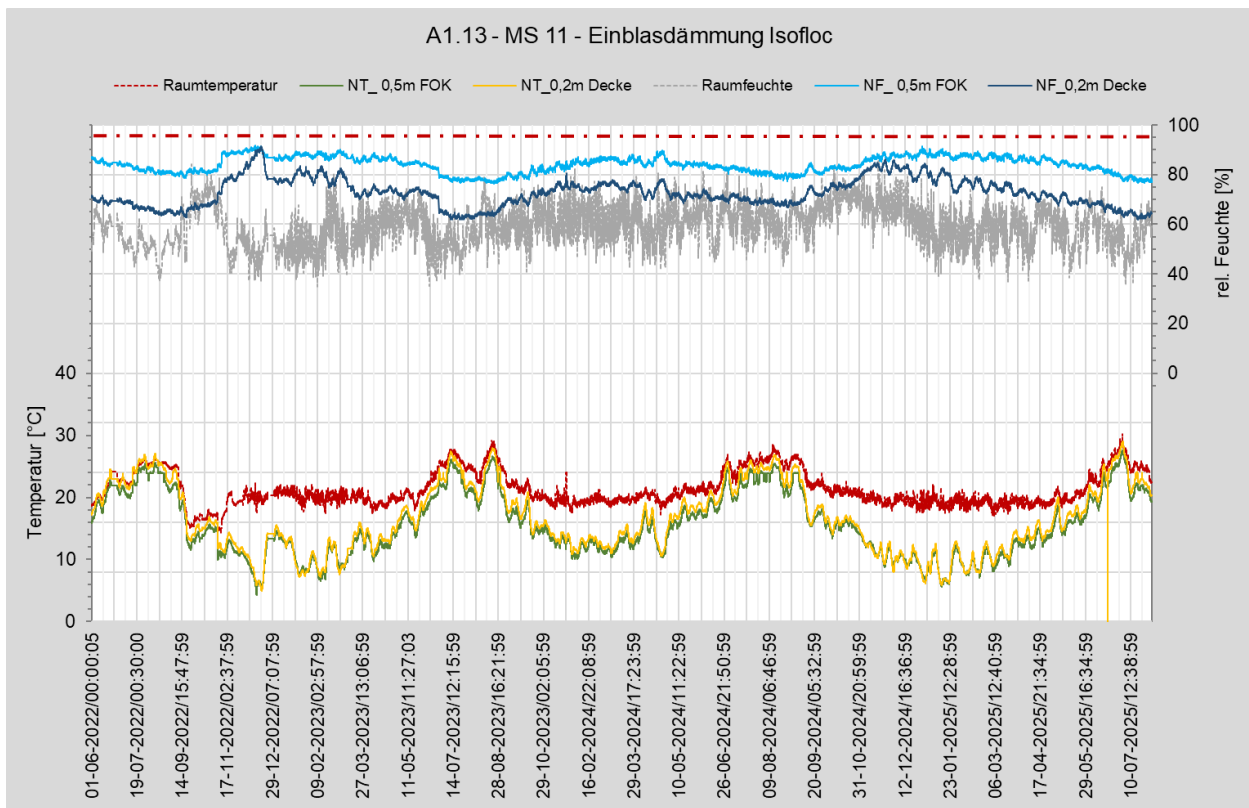


Abbildung 20: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Einblasdämmung – Messstelle 11

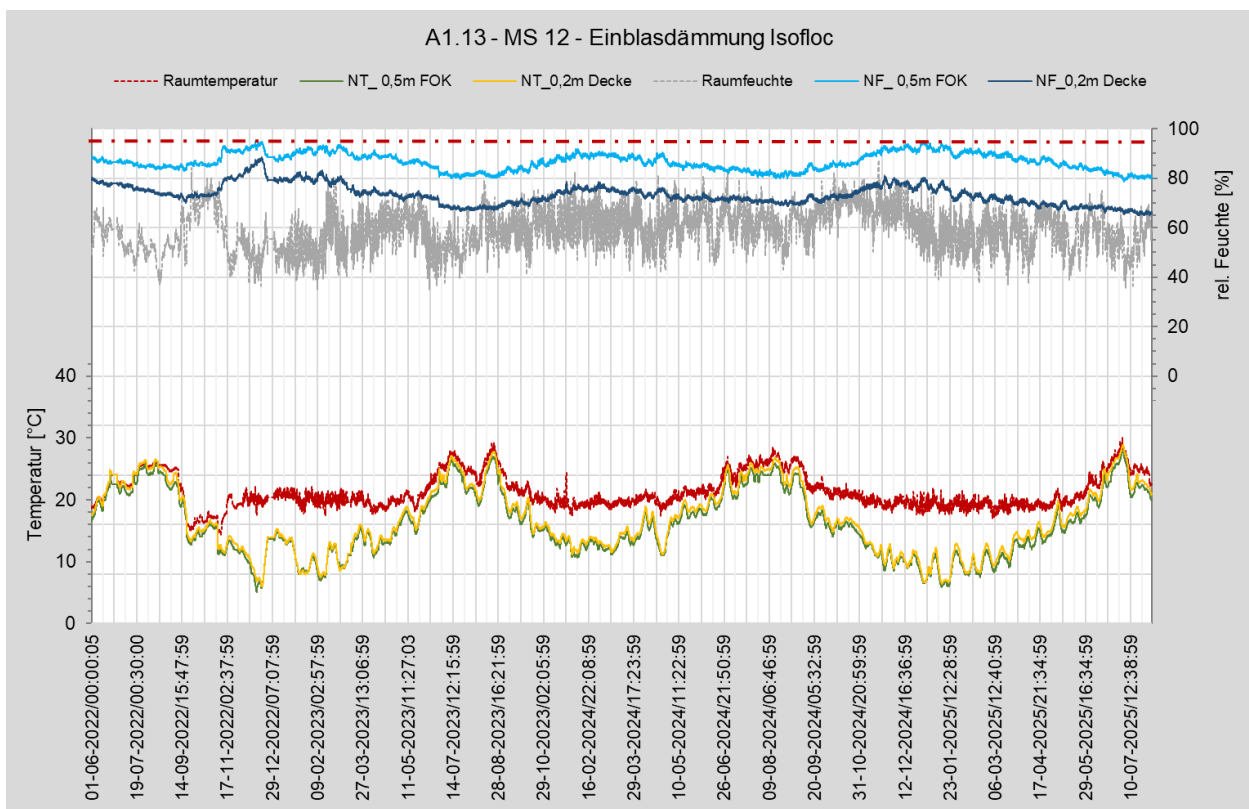


Abbildung 21: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Einblasdämmung – Messstelle 12

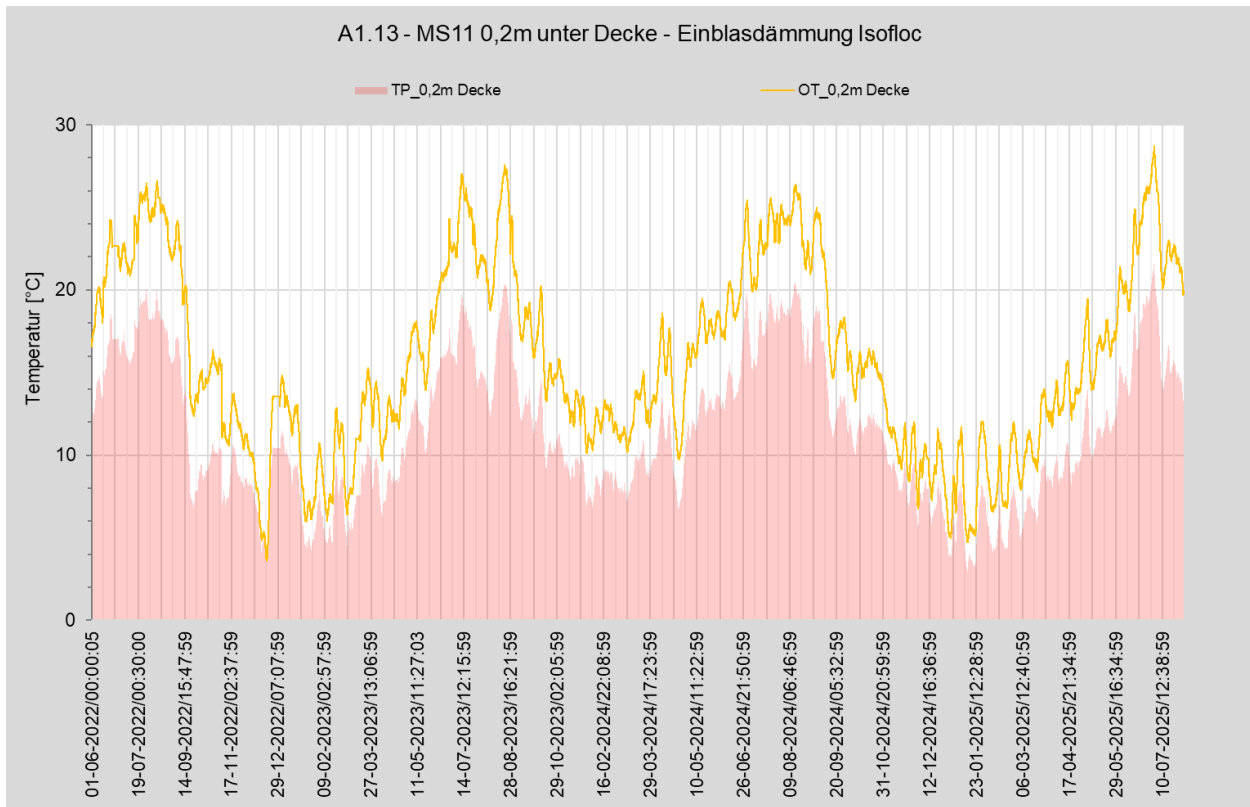


Abbildung 22: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,2m Decke – Messstelle 11

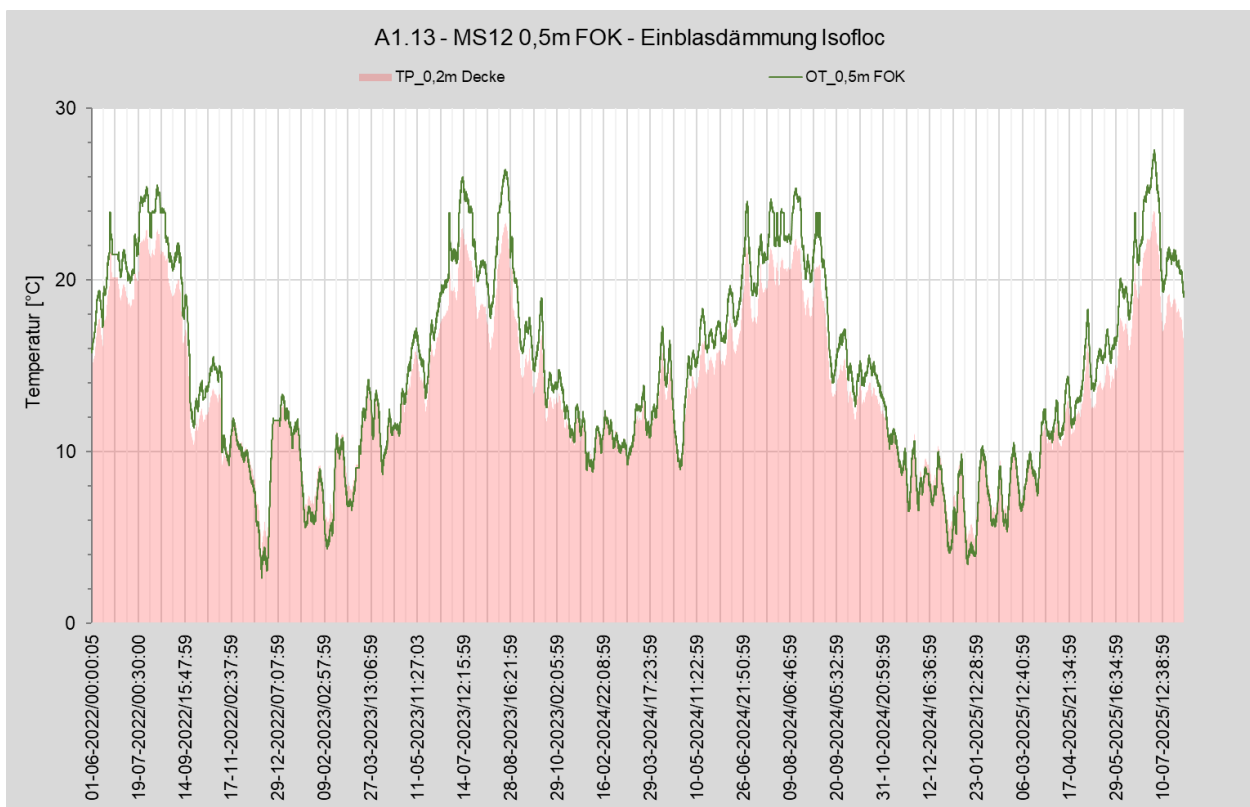


Abbildung 23: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,5m FOK – Messstelle 12

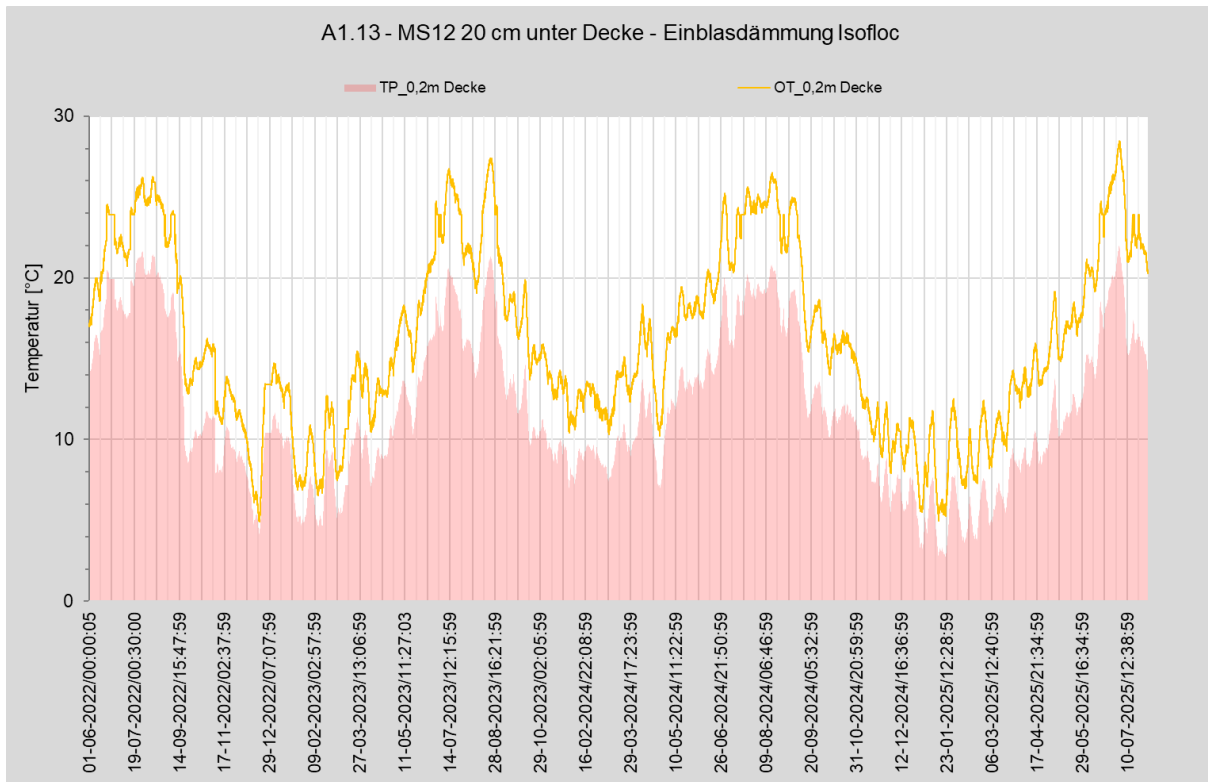


Abbildung 24: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Einblasdämmung 0,2m Decke – Messstelle 12

5.4 Sto Aevero Innendämmplatte (Fa. Sto SE & Co. KGaA)

Da einige Sensor zur Erfassung der Oberflächentemperatur in der Grenzfläche Grundputz/Dämmplatte während der Baumaßnahmen beschädigt wurde, muss auf die Bewertung des Risikopotenzials der Tauwasserbildung an diesen Messstellen verzichtet werden. Zusätzlich konnte die relative Luftfeuchte im Raum aufgrund eines Defektes nicht mehr erfasst werden. Hier wurde dann als Maß die relative Luftfeuchte aus Raum aus A 1.13 genutzt, da sich auch die Raumtemperaturen und die Nutzung des Raumes ähnlich sind. Für eine Bewertung dieses Risikopotenzials sind jedoch genügend Messdaten und Messstellen vorhanden.

Die Feuchtelast, die in Raum A 1.12* durch das Raumklima von Raum A 1.13 induziert wird, kann nach Tabelle 6 als hoch eingestuft werden. Bei den eingebauten Innendämmplatten von Sto Aevero handelt es sich um diffusionsoffene und kapillaraktive Platten. Aus diesem Grund sind Tauwasseranfälle in der Grenzschicht nicht als K.O. Kriterium zu betrachten. Wie bereits beschreiben basieren diese Systeme auf der Grundlage, dass Tauwasser in der Grenzschicht anfällt, dieses dann aber im Laufe des Jahres abtrocknet. Ein K.O.-Kriterium wäre bei einem solchen System, dass sich keine oder nur geringe Trocknungsprozesse einstellen und sich die Feuchtelast in der Grenzschicht im Laufe der Zeit erhöht. Ein Maß für die Veränderung des Materialfeuchtegehaltes der Grenzschicht ist die in diesem Bereich gemessene relative Luftfeuchte. Sie korrespondiert mit der Materialfeuchte. Je höher die relative Luftfeuchte, desto höher der Materialfeuchtegehalt. Je geringer die relative Luftfeuchte, desto geringer der Materialfeuchtegehalt. In Abbildung 26 und Abbildung 27 sind die Raum- und Nahfeldklimata der Grenzfläche Grundputz/Dämmung dargestellt. Es ist zu beobachten, dass sich an allen Messstellen während der kälteren Witterungsperioden sehr hohe relative Luftfeuchten in der Grenzfläche ausbilden. Das Risikopotenzial für Schimmelpilzbildung ist als gering einzustufen, da zwar die relative Luftfeuchte während kälterer Witterungsperioden über den 95 %-Grenzwertes ansteigt, die sich während solcher Witterungsperioden einstellenden Temperaturen in

der Grenzfläche so niedrig, dass sie sich ungünstig auf ein potenzielles Schimmelpilzwachstum auswirken. Abbildung 1 zeigt beispielhaft das schematische Isophletenmodell für Schimmelpilzwachstum ergänzt um das K.-O.-Kriterium der relativen Luftfeuchte bei Innendämmungen. Hier wird deutlich, dass bei Temperaturen $< 7,1\text{ °C}$ und relativen Luftfeuchten oberhalb 95 % innerhalb von 28 Tagen kein Schimmelpilzwachstum zu erwarten ist. Bei $7,2\text{--}11,5\text{ °C}$ und $> 95\%$ r. F. über 28 Tage sind zwar Bedingungen für Schimmelpilzwachstum in der Praxis gegeben – das Wachstum ist zwar kaltbedingt langsam, setzt innerhalb des 28-Tage-Fensters nur ein, sofern Nährstoffe vorhanden sind. Das alkalische Milieu bei Kalk- /Zementbindungen solcher Aerogeldämmplatten wirkt schimmelhemmend – „der Dämmstoff ernährt keinen Schimmel“. Auch sind keine weiteren Nährstoffe zwischen Mauerwerk und Dämmmaterial vorhanden.

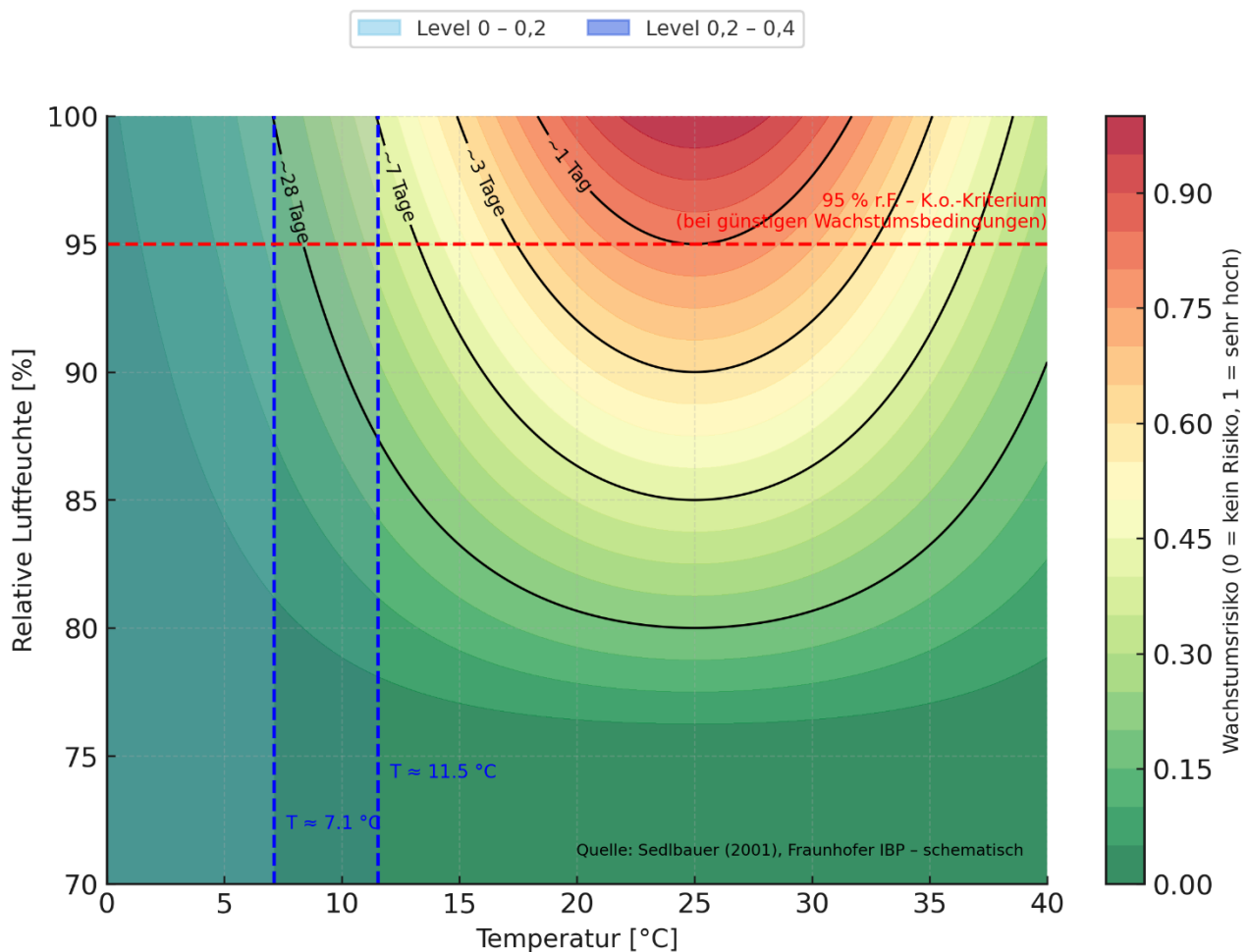


Abbildung 25: Isophletenmodell des Schimmelpilzwachstums mit Risikozone nach Sedlbaur ergänzt mit Kriterien für Innendämmungen

Frostschädigungen können entstehen, wenn das Wasser in den Poren, z. B. durch anfallendes Kondensat induziert, gefriert. Durch die Ausdehnung des Wassers in den Poren, in Abhängigkeit der Porenverteilung (kleine Poren sind gefährdeter) und der Wassersättigung des betroffenen Materialbereichs, wird Druck erzeugt. Für das Gefrieren von Wasser in den Materialporen sind in der Regel Temperaturen $< -3\text{ °C}$ notwendig. Erwärmt sich der betroffene Materialbereich innerhalb von 24 Stunden wieder auf ca. 3 °C wird vom sog. Frost-Tauwechsel gesprochen. Durch häufige Frost-Tauwechsel im Material können Mikrorisse, Abplatzungen oder Schuppenbildungen entstehen. Die im Grenzbereich detektierten Messdaten zeigen, dass sich während des Monitoringzeitraums keine Temperaturen hinsichtlich möglicher Frost- bzw. Frost-Tauschädigungen einstellen.

Die bisher erfassten Messdaten und deren Bewertung zeigen, dass das Innendämmsystem, trotz der als hoch eingestuften Raumlufffeuchte und der zeitweise erhöhten relativen Luftfeuchten zwischen Mauerwerk und Dämmung, funktioniert.

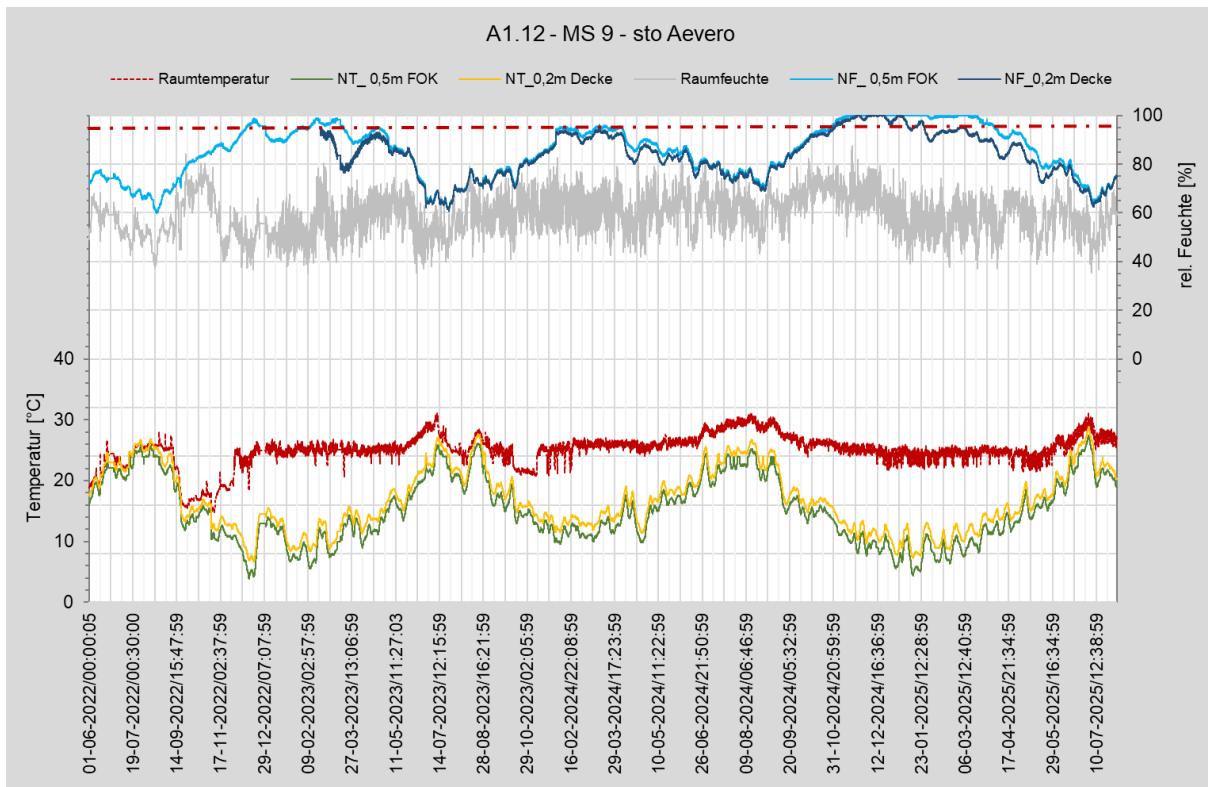


Abbildung 26: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 9

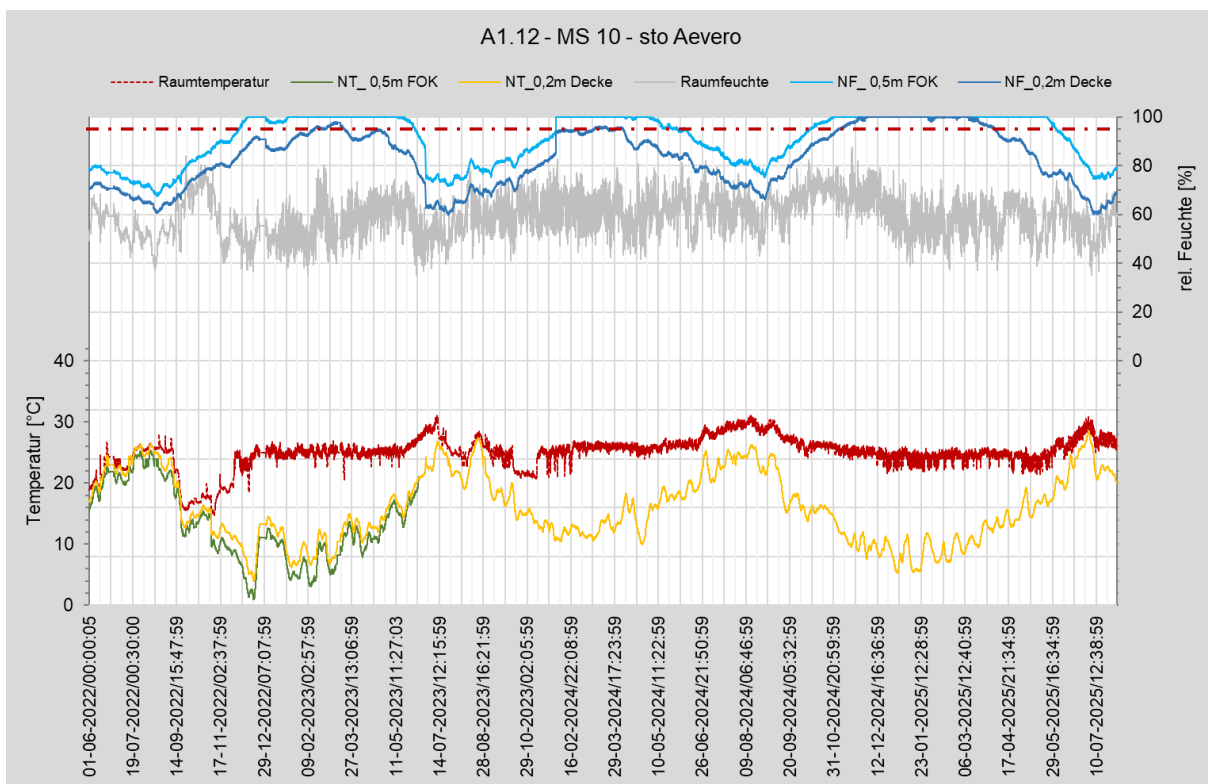


Abbildung 27: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 10

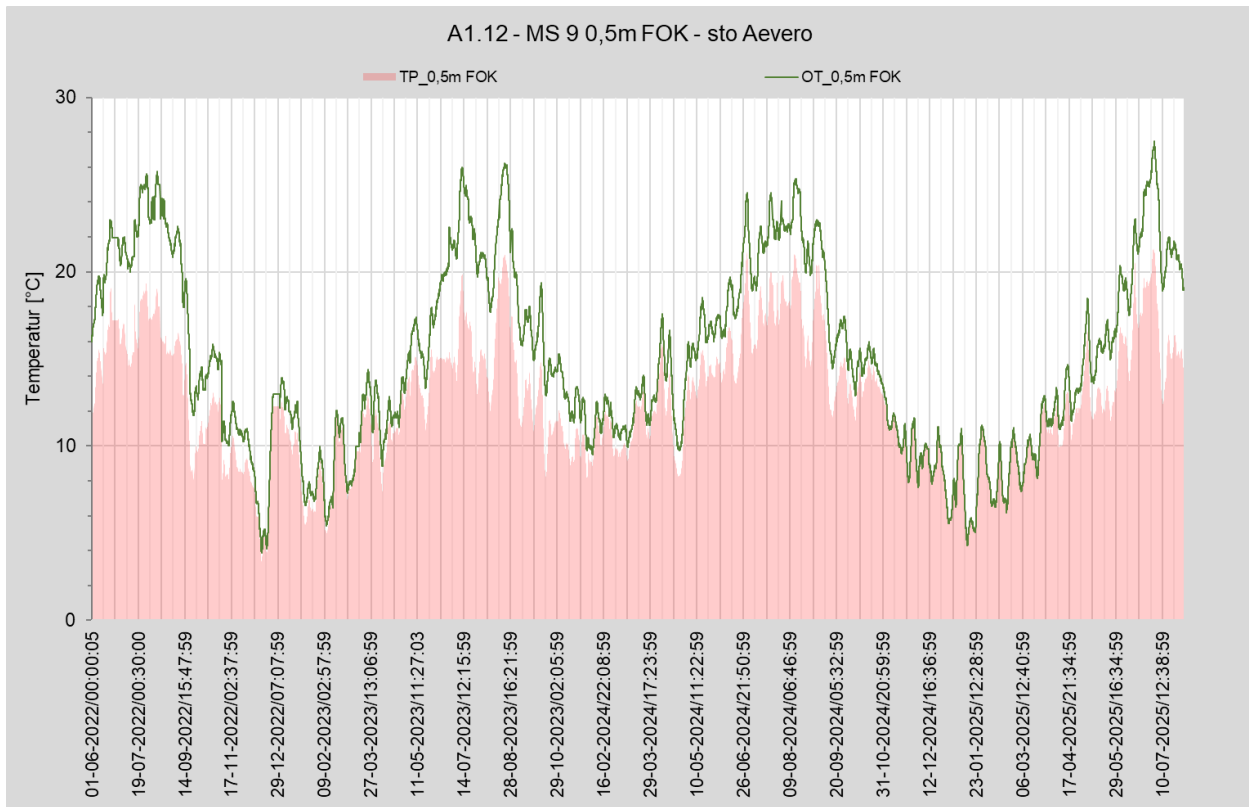


Abbildung 28: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 9

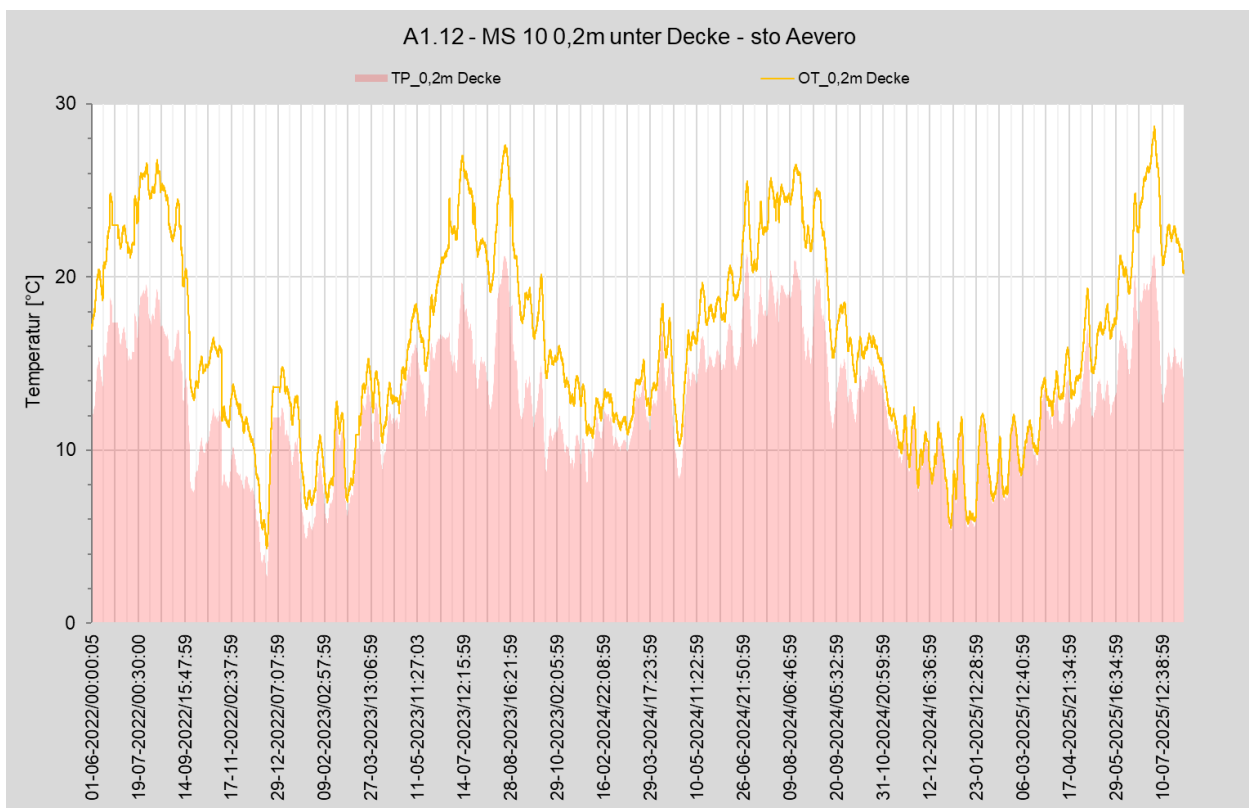


Abbildung 29: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 10

5.5 Aero Ball Dämmputz (Fa. ADT Aero Dämmtechnik GmbH)

Obwohl es sich hier um ein diffusionsoffenes und kapillaraktives Innendämmsystem handelt und die Feuchtelast nach Tabelle 6 als hoch einzustufen ist, zeigen die sich einstellenden relativen Luftfeuchten im Grenzbereich zwischen Grundputz und Dämmputz nur selten erhöhte Werte auf. Dies ist deutlich in Abbildung 30 und Abbildung 31 erkennbar. Im Untersuchungszeitraum liegt das Niveau der relativen Luftfeuchte weit unterhalb des 95%-Grenzwertes für Schimmelbildung.

Hier ist jedoch anzumerken, dass es sich bei dieser Dämmvariante um das Innendämmsystem mit dem höchsten U-Wert handelt, also die geringste Dämmwirkung hat. Seitens der Unterzeichnerin wird davon ausgegangen, dass sich bei einer dickeren Dämmputzschicht auch ein höheres Feuchteniveau einstellen würde. Das sich infolge der größeren Dämmstärke einstellende Feuchteniveau wäre jedoch immer noch als unschädlich im Hinblick auf eine potenzielle Schimmelpilzbildung und eine Auffeuchtung der Grenzsicht anzusehen, da die detektierten Messdaten der Grenzsicht auch deutlich zeigen, dass erhöhte Feuchtelasten mittels der Feuchtetransportvorgänge der Diffusion und der Kapillarität an den Raum abgegeben werden können. Auch liegen die sich in der Grenzsicht einstellenden Temperaturen, die zu Frostschäden führen könnten, weit oberhalb Gefrieretemperatur.

Des Weiteren zeigen die Gegenüberstellungen der Taupunkttemperatur und der Oberflächentemperaturen in Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34, dass zu keinem Zeitpunkt während des Messzeitraums die Gefahr einer Tauwasserbildung bestanden hat.

Die bisher detektierten Messdaten und deren Bewertung zeigen, dass das Innendämmsystem trotz hoher raumseitiger Feuchtelast wie geplant funktioniert.

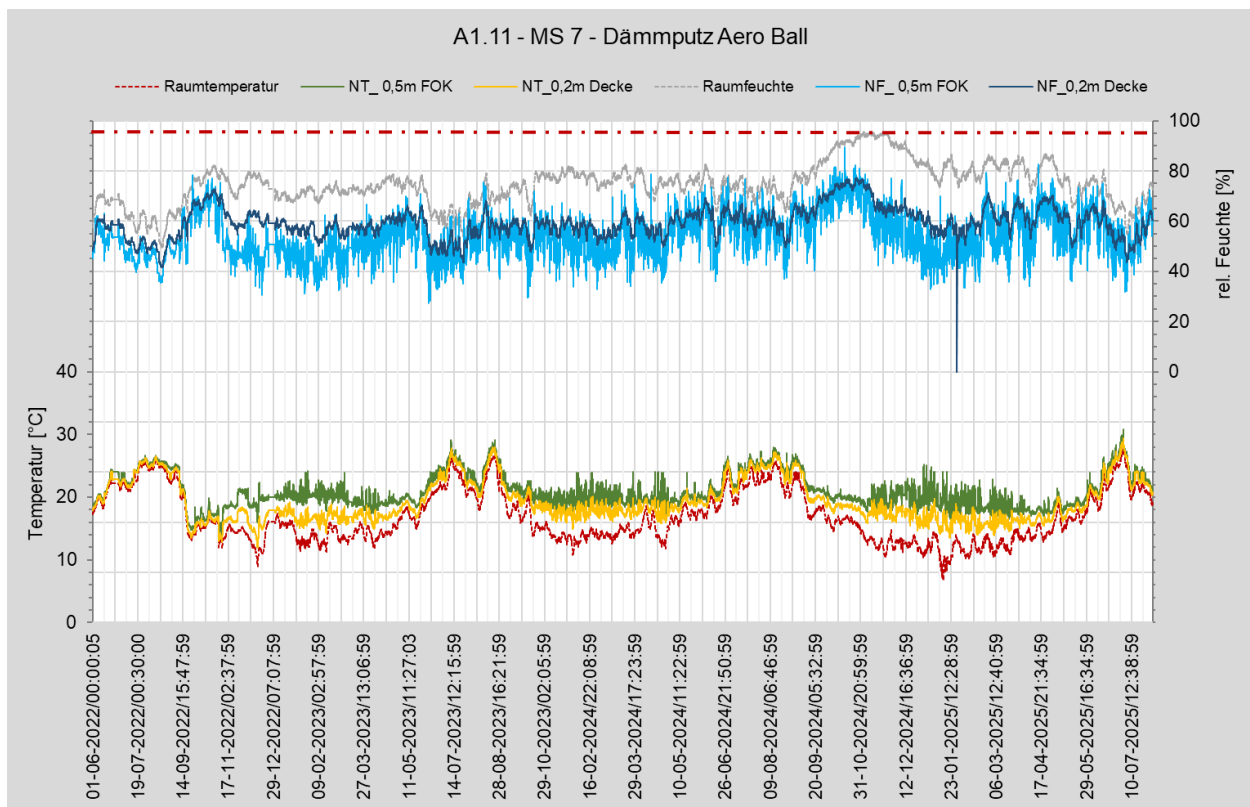


Abbildung 30: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmputz – Messstelle 7

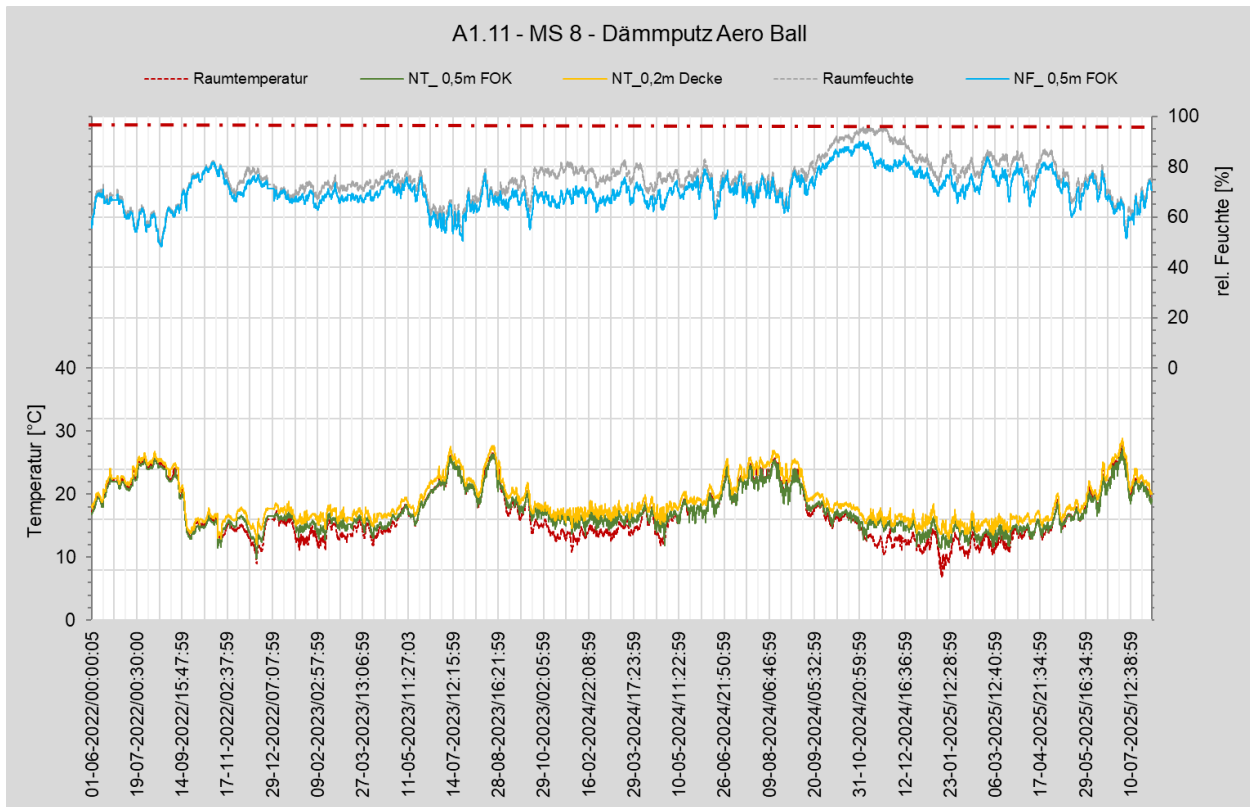


Abbildung 31: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmputz – Messstelle 8

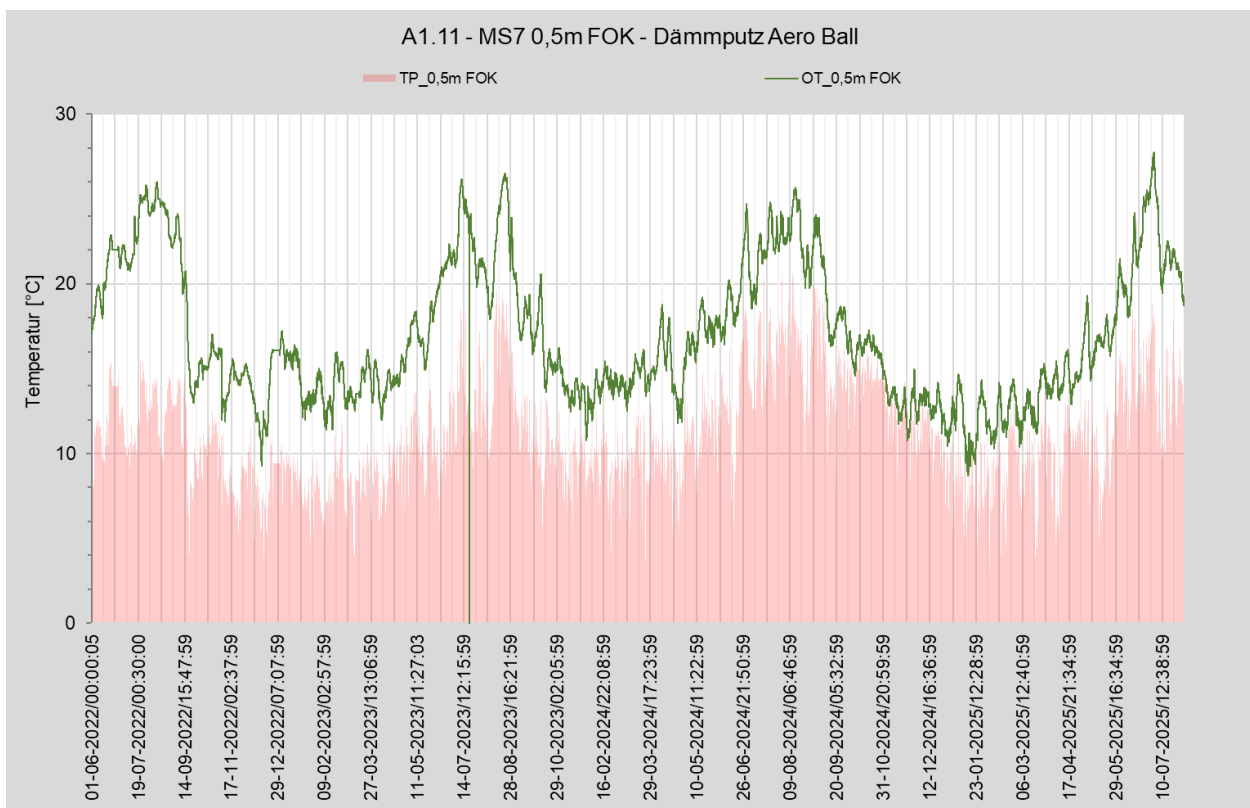


Abbildung 32: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,5m FOK – Messstelle 7

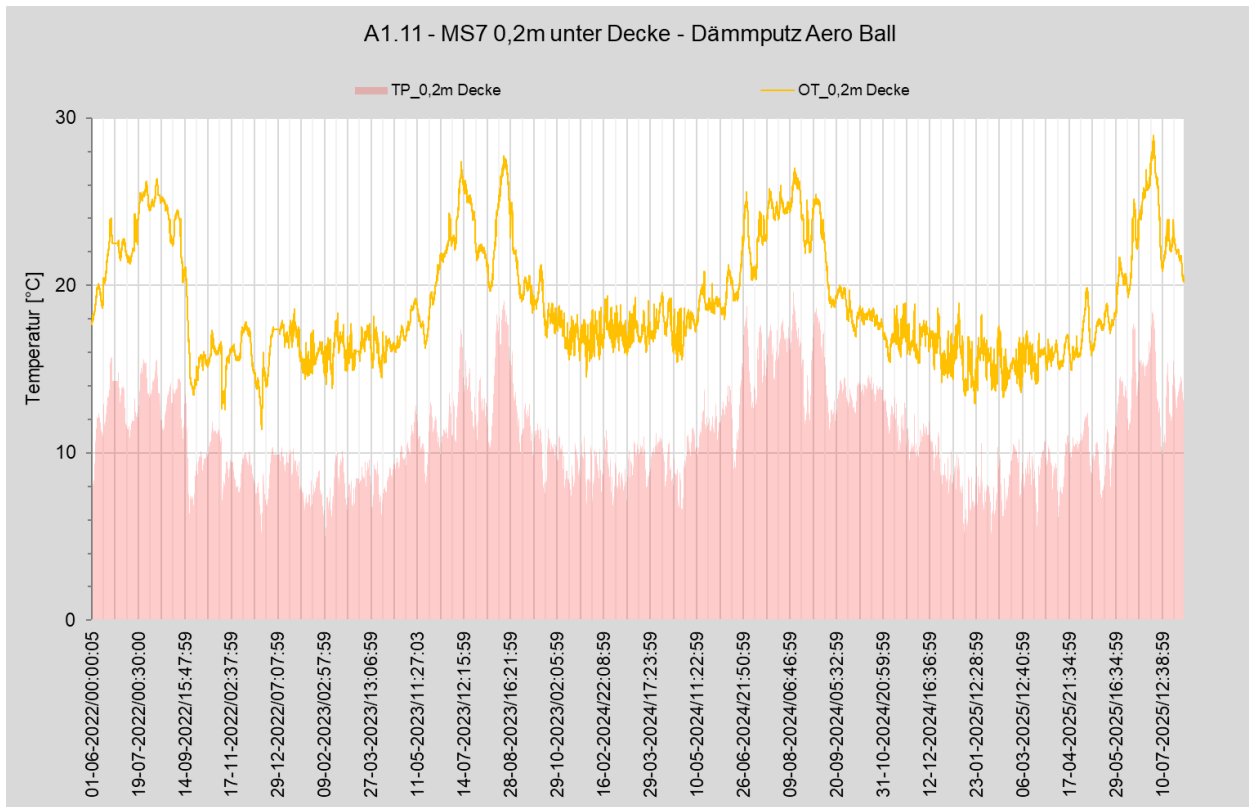


Abbildung 33: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,2m Decke – Messstelle 7

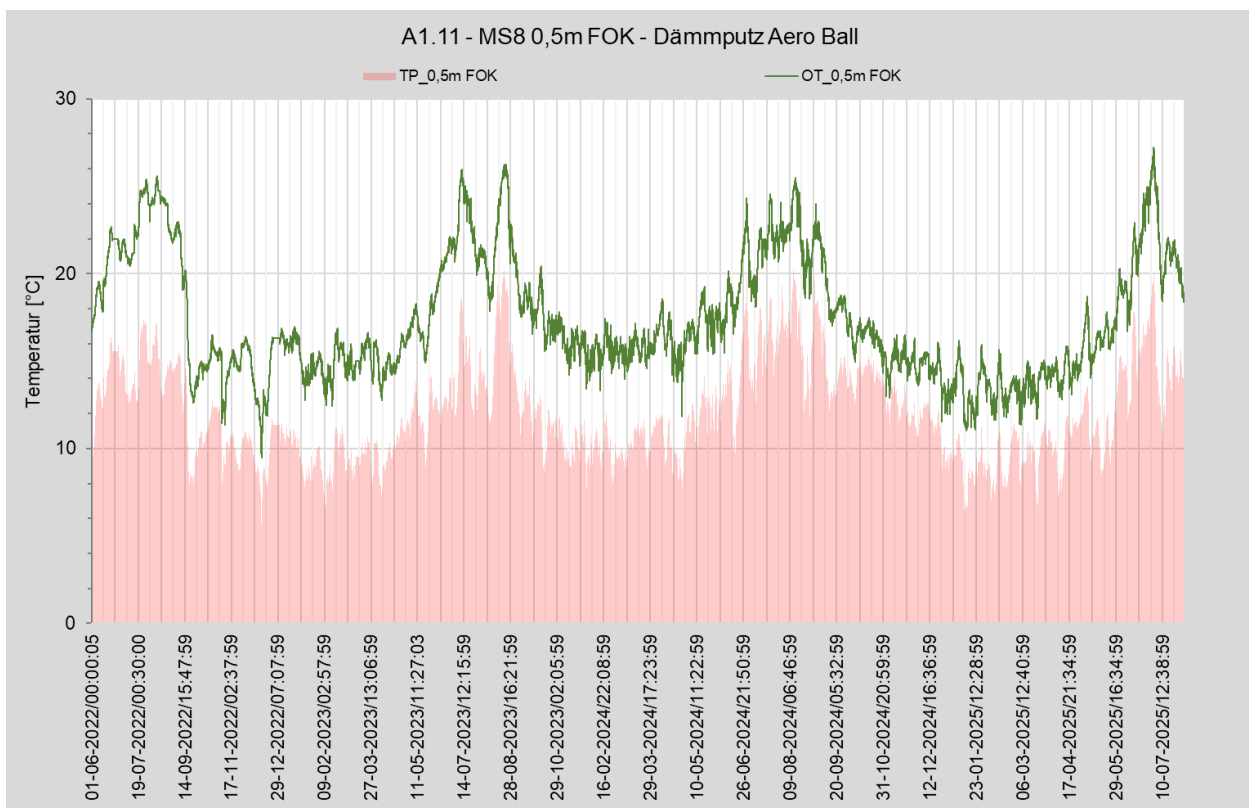


Abbildung 34: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmputz 0,5m FOK – Messstelle 8

5.6 Multipor Dämmplatte (Fa. Xella Deutschland GmbH)

Die Innendämmsystem mit der Multipor Dämmplatte wurde in Raum A 1.09 eingebaut. Es handelt sich um ein diffusionsoffenes und kapillaraktiven Innendämmsystem. Nach Tabelle 6 ist die raumseitige Feuchtelast als normal einzustufen. Wie bereits bei den Innendämmsystemen von Sto und ADT, ist die Bildung von Tauwasser auch bei diesem System kein Ausschlusskriterium, da die Bildung von Tauwasser zu erwarten ist. Ein Ausschlusskriterium bei solchen Systemen wäre es, wenn eine Auffeuchtung der Grenzschicht Grundputz/Dämmung vorliegen würden. Die in Abbildung 35 und Abbildung 36 dargestellten Nahfeldklimate der Grenzschicht Grundputz/Dämmplatte zeigen, dass sich im Bodenbereich höher relative Luftfeuchten ausbilden als im Deckenbereich. Trotz der höheren relativen Luftfeuchten wird der Grenzwert $> 95\%$ für Schimmelbildung im Fußbodenbereich nur kurzfristig in kalten Witterungsperioden überschritten. Wie bereits beschrieben besteht jedoch keine Gefahr für die Bildung von Schimmelpilzen, da die sich gleichzeitig einstellenden Temperaturen in der Grenzschicht so gering sind, dass sie ein Schimmelpilzwachstum erschweren. Auch deutlich erkennbar ist, dass sich die relative Feuchte und damit die Materialfeuchte während wärmerer Jahreszeiten deutlich sinkt. Dies bedeutet es finden Trocknungsprozesse statt. Eine Auffeuchtung der Grenzfläche konnte bisher nicht beobachtet werden. Die Gefahr von Frostschäden infolge zu geringer Temperaturen in der Grenzfläche ist aufgrund der sich einstellenden Temperaturen nicht gegeben. In Abbildung 37 und Abbildung 39 sind die Taupunkte den jeweiligen Oberflächentemperaturen der Grenzschicht im Bodenbereich einander gegenübergestellt. Hier ist zu beobachten, dass das Risikopotenzial für Tauwasser während kalter Witterungsperioden steigt. Während des Messzeitraums hat sich jedoch lediglich im November 2022 kurzfristig Tauwasser in der Grenzschicht ausgebildet. Die untersuchten Deckenbereiche (Abbildung 38 und Abbildung 40) weisen keine Tauwasserausfall in der Grenzschicht auf.

Die bisher Messdaten und deren Bewertung zeigen, dass das Innendämmsystem wie geplant funktioniert.

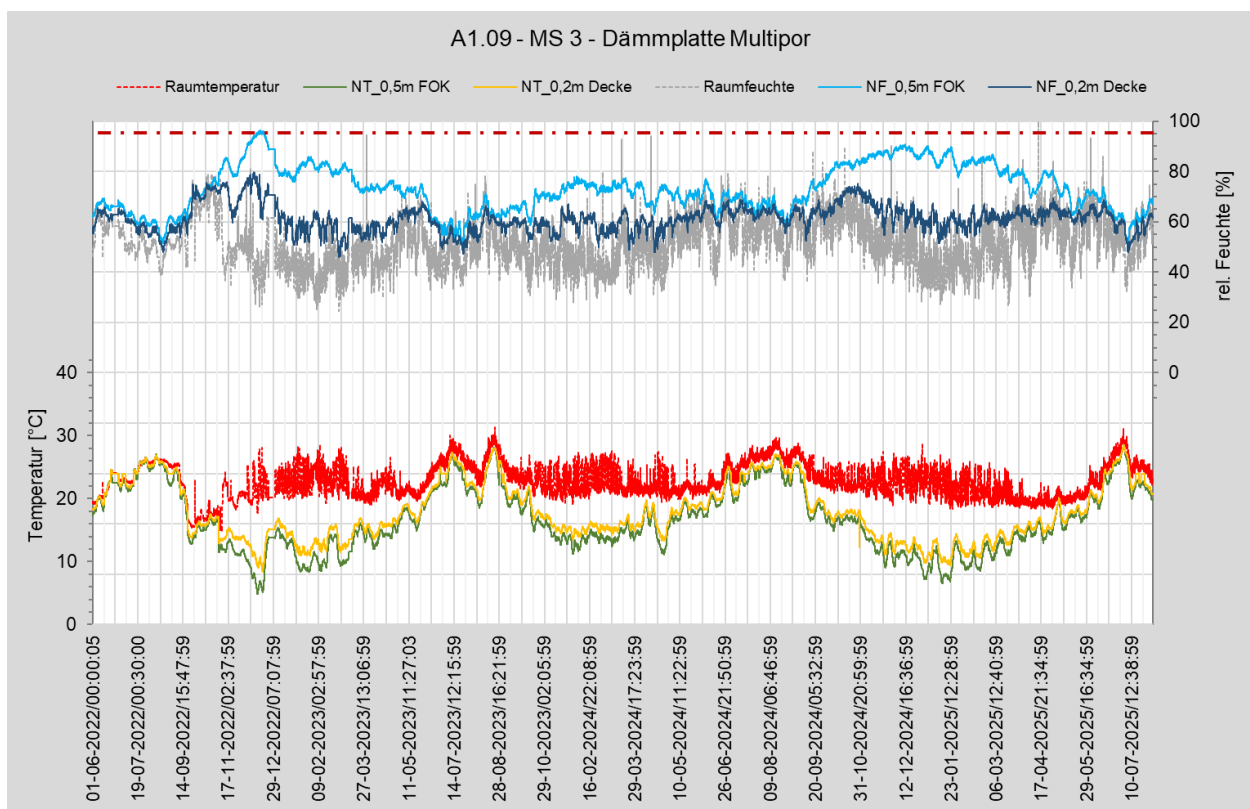


Abbildung 35: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 3

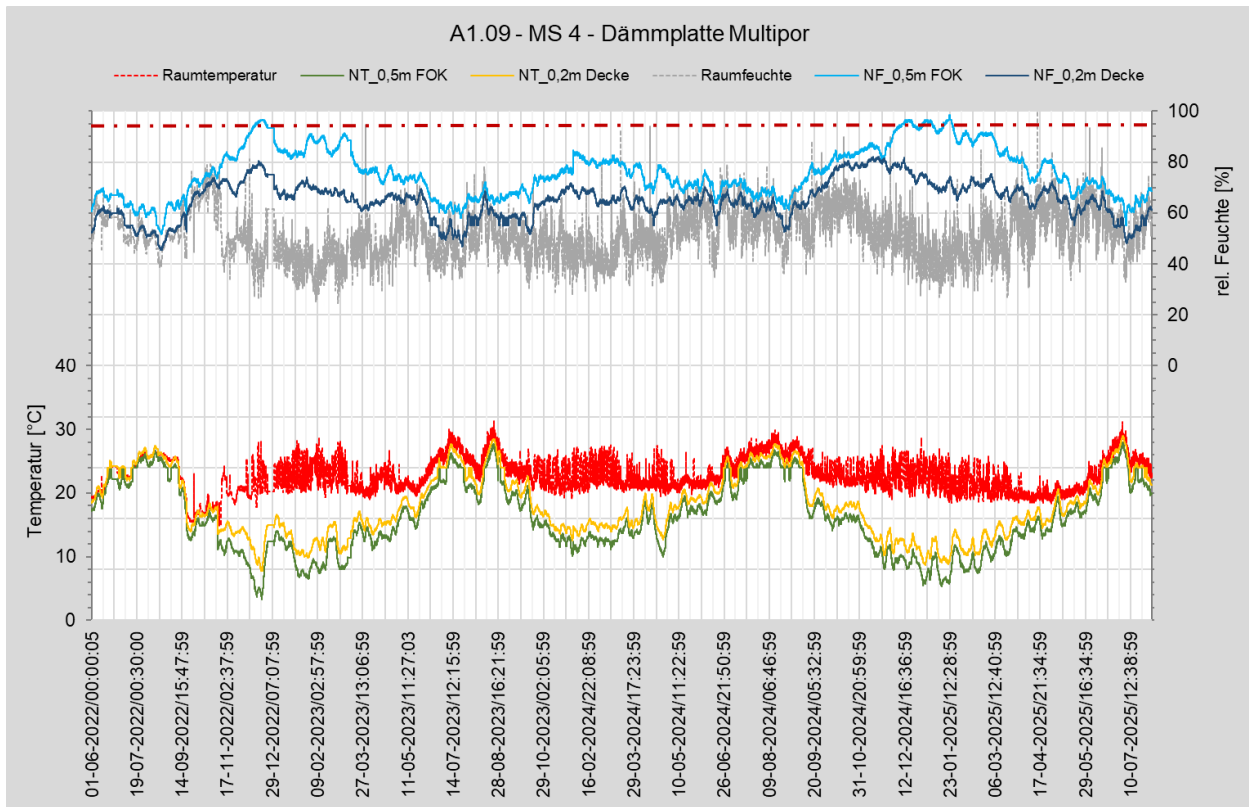


Abbildung 36: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Dämmplatte – Messstelle 4

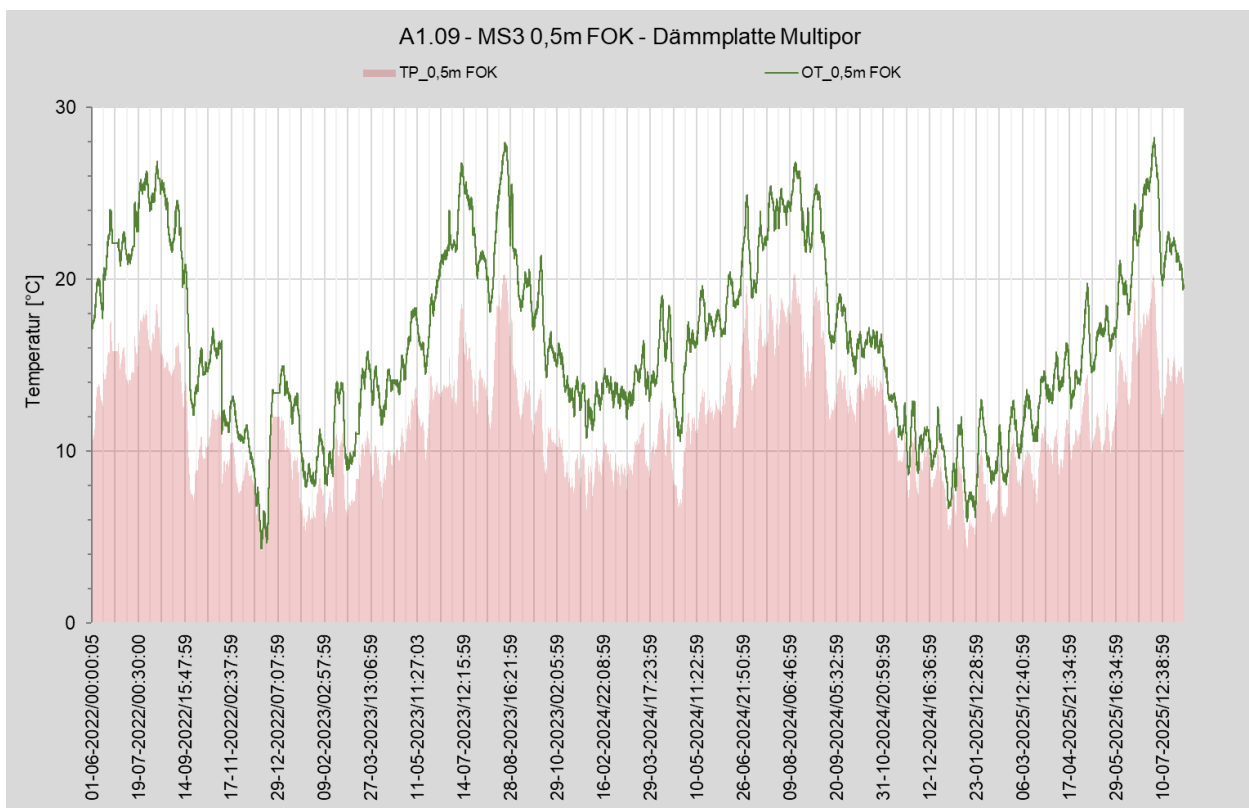


Abbildung 37: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 3

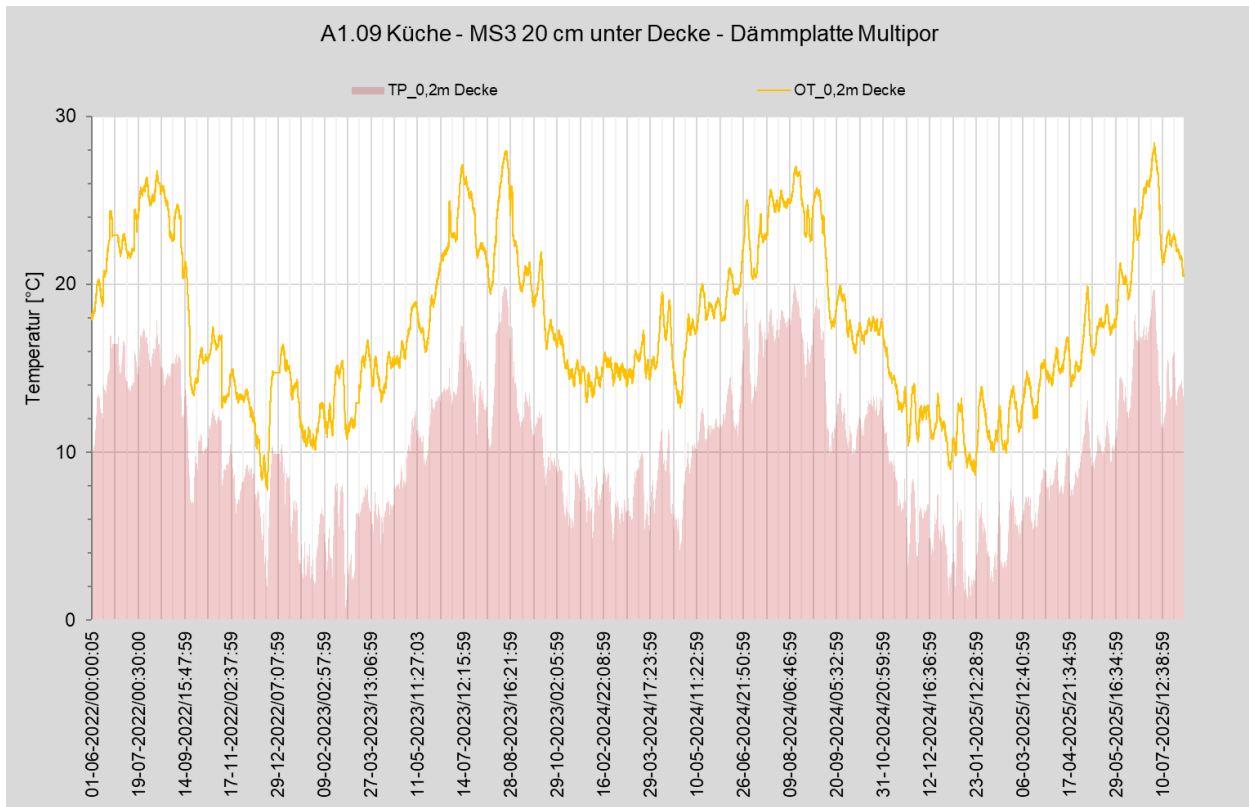


Abbildung 38: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 3

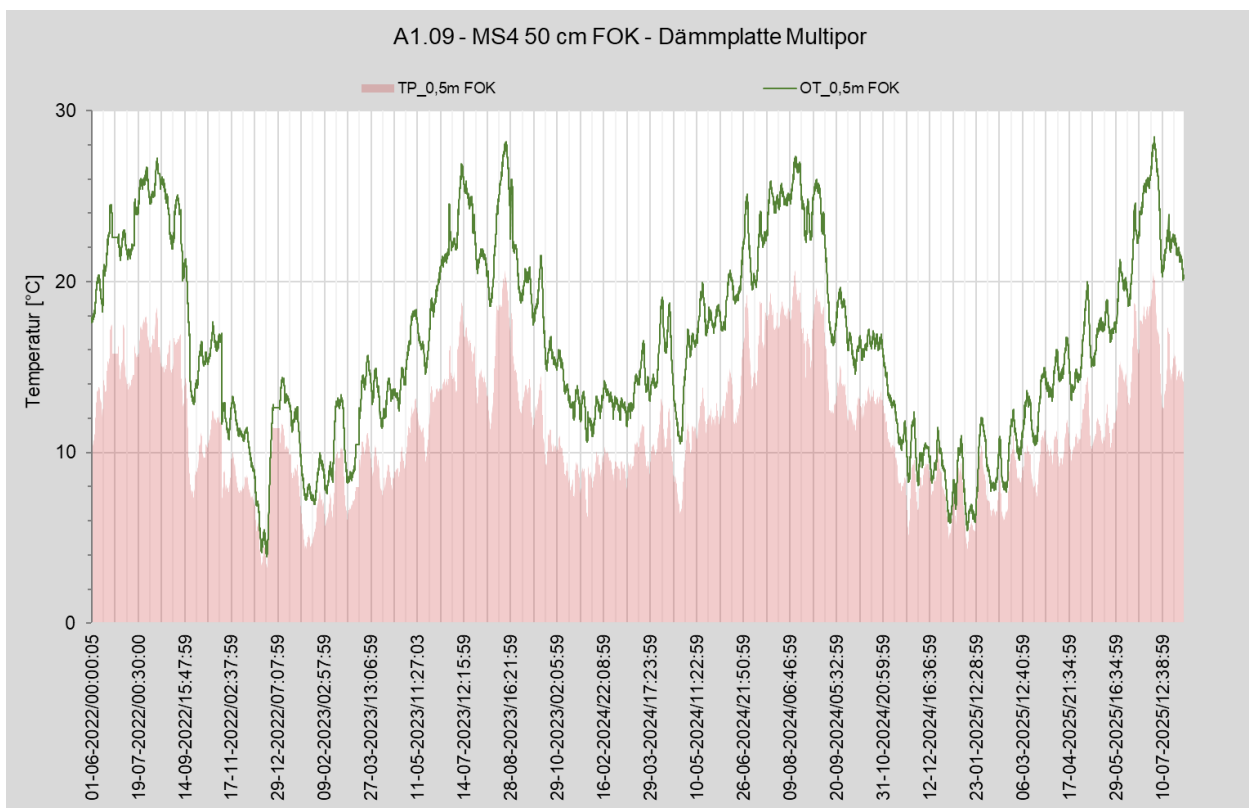


Abbildung 39: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,5m FOK – Messstelle 4

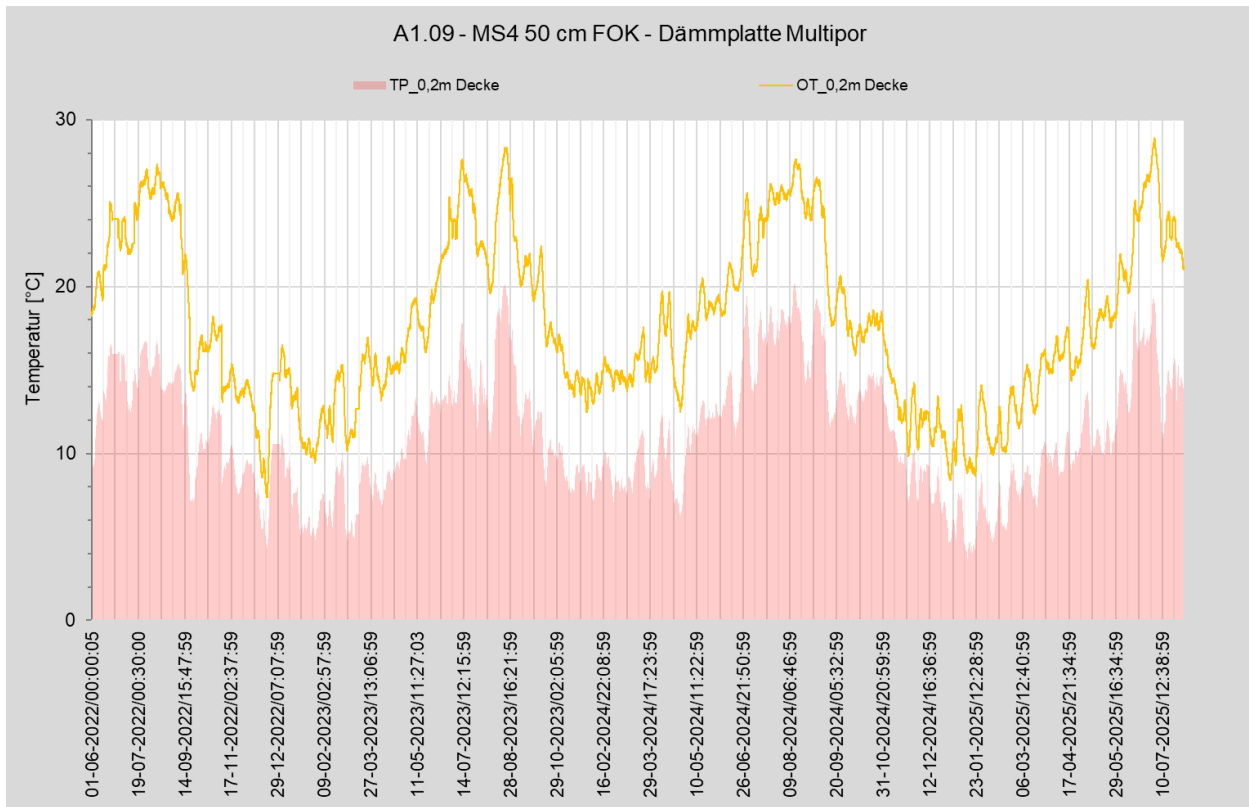


Abbildung 40: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Dämmplatte 0,2m Decke – Messstelle 4

5.7 Best wood FLEX 50 – Holzfaserplatte (Fa. best wood Schneider GmbH)

Beim Innendämmsystem Best wood FLEX50 handelt es sich um ein dampfbremsendes System. Bei einem solchen System wäre eigentlich der Anfall von Tauwasser in der Grenzschicht ein K.O.-Kriterium. Da aber einerseits eine flexible Dampfbremse, die während wärmerer Witterungsperioden eine Trocknung der Grenzschicht durch Diffusion erlaubt und andererseits ein sorptiver Dämmstoff, der die angefallene Feuchte anlagert und bei geringeren Umgebungsfeuchten mittels Diffusion wieder abgibt, verbaut wurde, kann analog zu Dämmung mit isofloc LM ein gewisses Maß an Tauwasser toleriert werden, wenn dieses nicht zur Auffeuchtung der Grenzschicht führt. Die raumseitige Feuchtelast ist nach Tabelle 6 als normal einzustufen. Die in Abbildung 41 und Abbildung 42 dargestellten Nahfeldklimata zeigen einerseits, dass der 95%-Grenzwert für Schimmelbildung während der Messphase nicht überschritten wurde und andererseits können während der wärmeren Witterungsperioden Trocknungsprozesse beobachtet werden. Während dieser Zeiträume sinken die relativen Luftfeuchten und somit die Materialfeuchten im Grenzbereich Grundputz/Holzfasersplatte ab. Auch die Gefahr von durch Frost verursachte Schäden besteht nicht, da die sich einstellenden Temperaturen weit von Frosttemperaturen entfernt sind.

Die in Abbildung 43, Abbildung 44 und Abbildung 45 dargestellten Risikopotenziale für Tauwasserbildung in der Grenzschicht zeigen, dass während des Messzeitraums kein Tauwasser in der Grenzschicht ausgefallen ist.

Die bisher Messdaten und deren Bewertung zeigen, dass das Innendämmsystem wie geplant funktioniert.

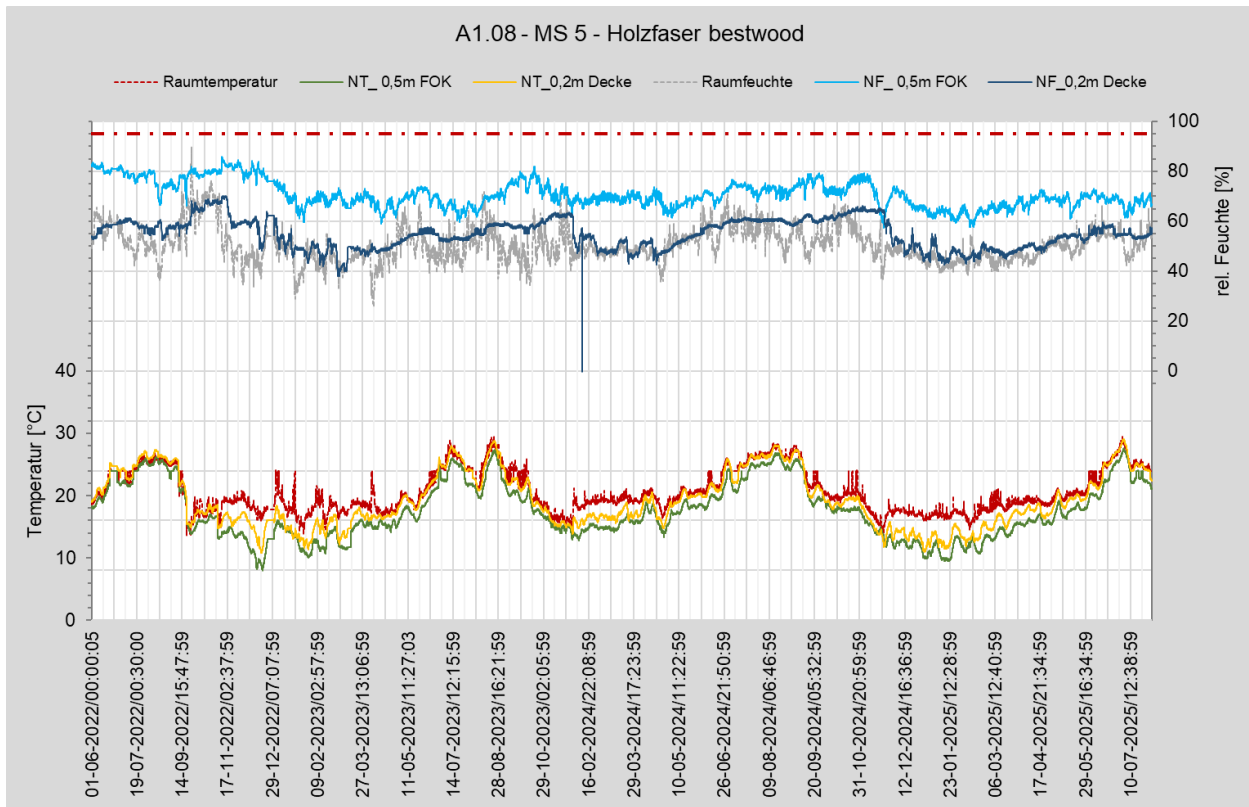


Abbildung 41: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Holzfaserplatte – Messstelle 5

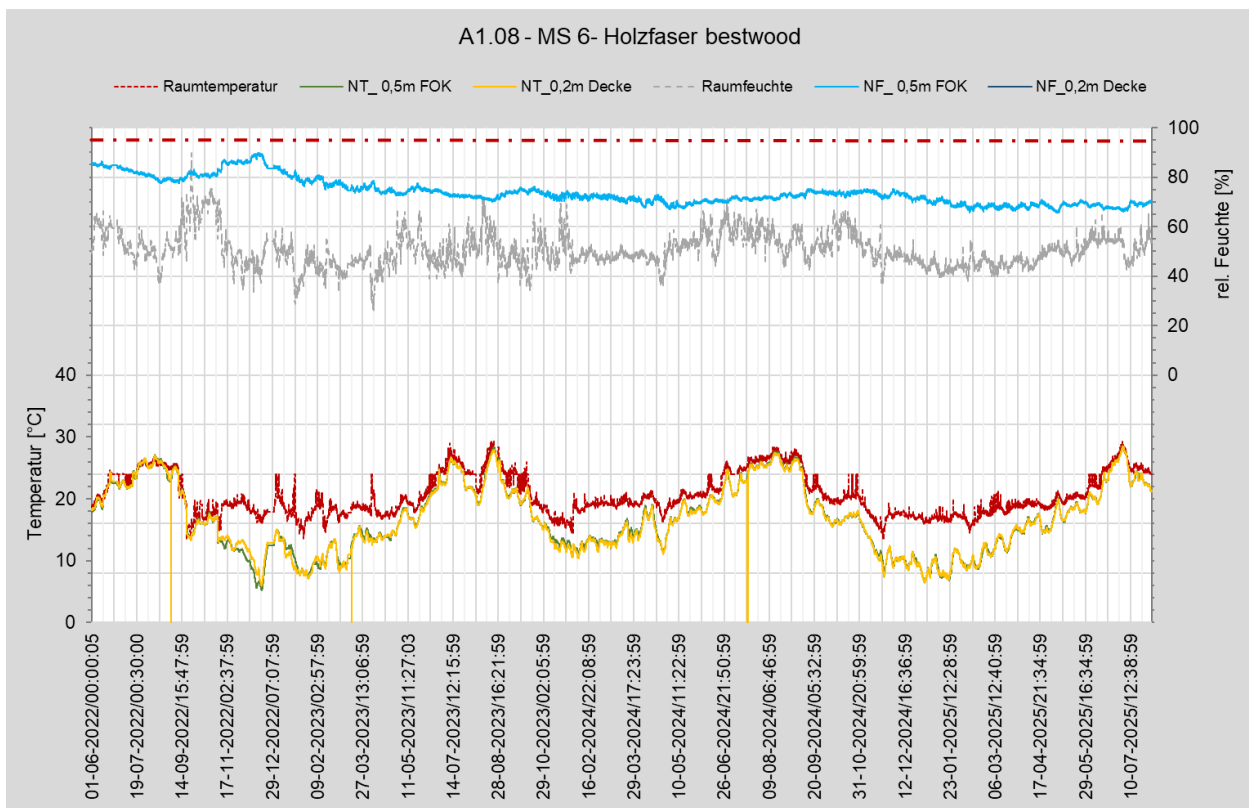


Abbildung 42: Raumklima und Nahfeldklima Grundputz/Holzfaserplatte – Messstelle 6

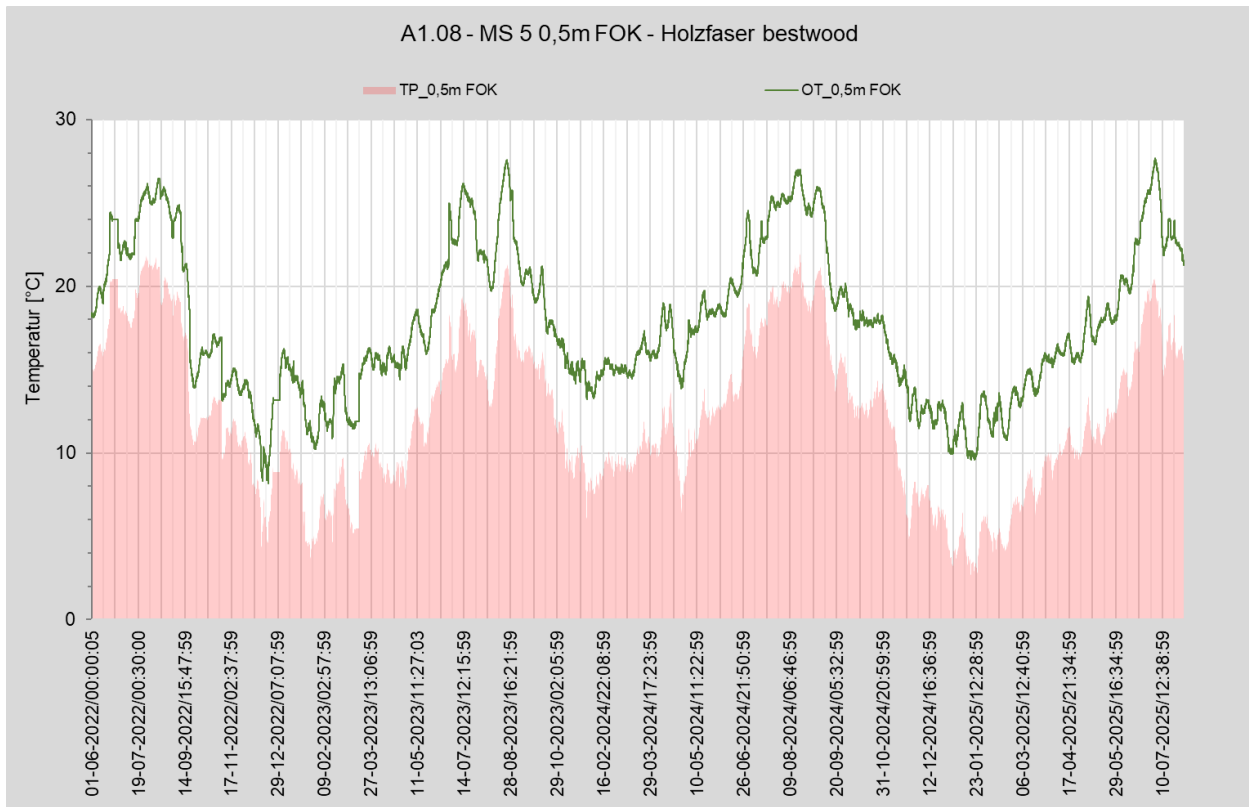


Abbildung 43: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfaserplatte 0,5m FOK – Messstelle 5

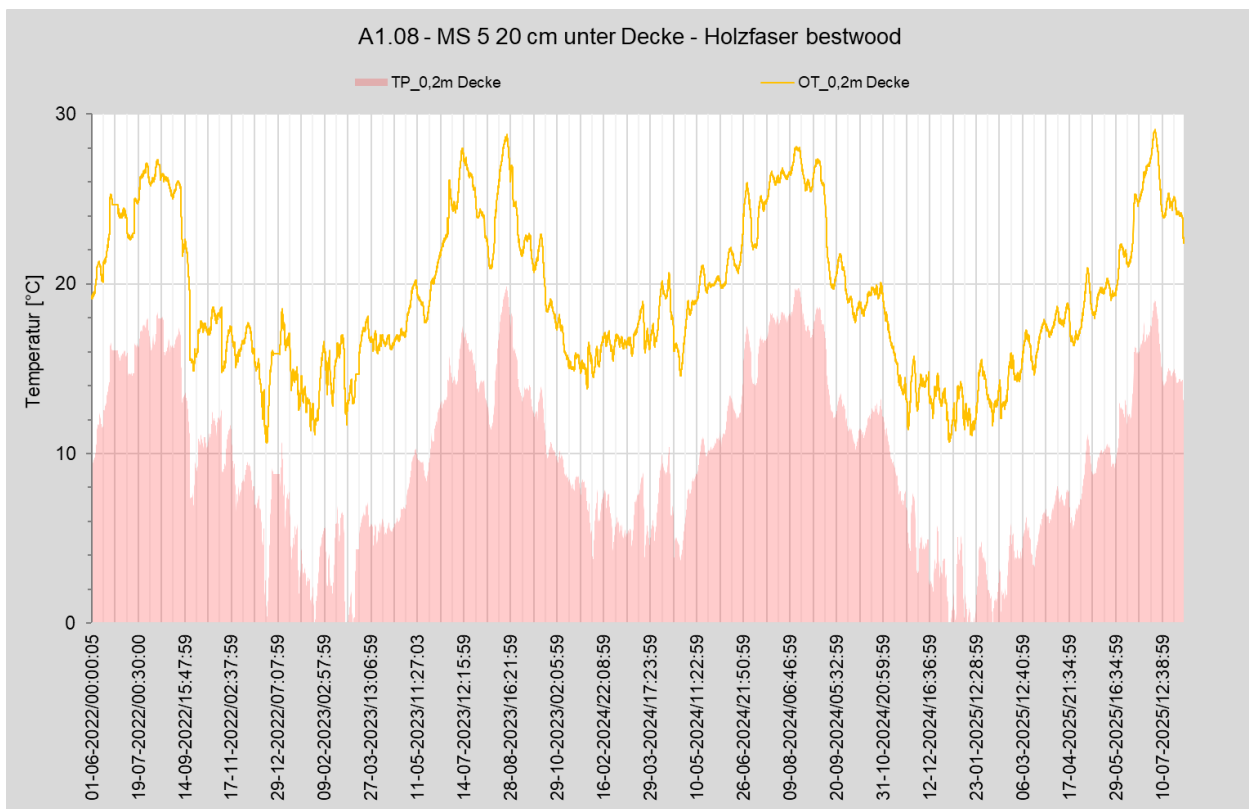


Abbildung 44: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfaserplatte 0,2m Decke – Messstelle 5

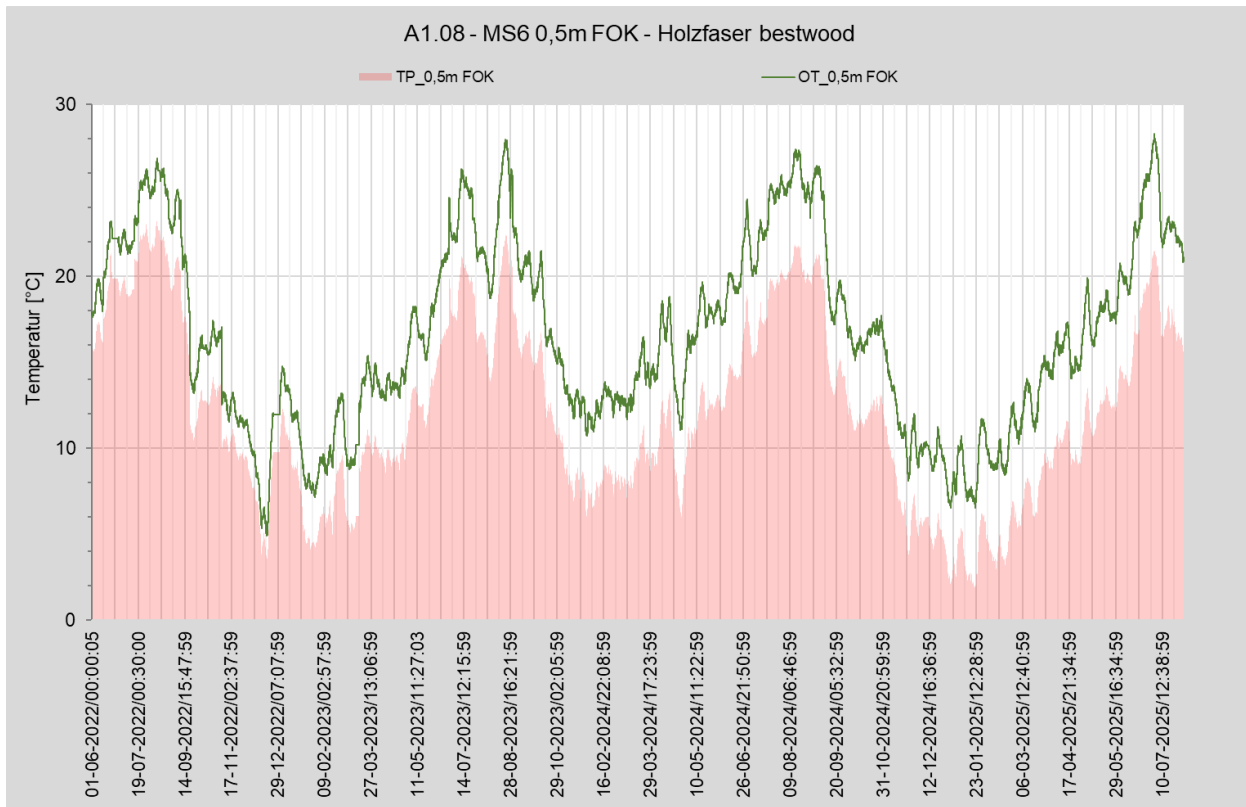


Abbildung 45: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Grundputz/Holzfaserplatte 0,5m FOK – Messstelle 6

6 Zusammenfassung

Die bauliche Konstruktion, an der die Innendämmsysteme eingebaut wurden, kann, als eine sog. kritische Konstruktion bewertet werden, da sie als stark wassersaugend eingestuft werden muss. Balkenköpfe im Mauerwerk waren jedoch nicht vorhanden. Sollten bei Konstruktionen ins Mauerwerk einbindende Balkenköpfe vorhanden sein oder es sich um ein Fachwerkgebäude handeln, so ist die Fassade unabhängig einer Innendämmung vor Feuchte zu schützen. Im WTA-Merkblatt 8-14 werden Hinweise auf den Umgang zum Feuchteschutz von Balkenköpfen gegeben [13]. Das Thema des Feuchteschutzes an Balkenköpfen ist sehr komplex, aus diesem Grund können im Rahmen des vorliegenden Berichtes nur einige grundsätzliche Empfehlungen gegeben werden [13]:

- Grundsätzlich muss Außenwand gebrauchstauglich trocken sein
- Freigelegte Balkenköpfe sind vorzugsweise so einzumauern, dass an den Balkenflanken, der Balkenoberseite und dem Hirnholz kein Kontakt zum Mauerwerk besteht. Vor dem Hirnholz sollte ein Hohlraum von 2-3 cm zum Mauerwerk belassen werden
- Gegebenenfalls können Ziegel oder Natursteine trocken an Balkenflanken und Oberseite stoßen, wodurch allerdings die kapillare Trennung zum Holz weniger wirkungsvoll ist.
- Auflagertaschen sollte nicht mit Mörtel verfüllt werden. Werden Dämmstoffe in die Auflagertasche eingebracht müssen diese hydrophob und diffusionsoffen sein. Sie reduzieren das Rücktrocknungspotenzial
- Etc.

Da die sich in genutzten Räumen einstellende Raumlufftfeuchte Einfluss auf die Funktion einer Innendämmung hat wird in Tabelle 7 eine Übersicht der typischen Ursachen für erhöhte Feuchtelasten in Wohnbereichen historischer Gebäude beim Einsatz von Innendämmungen gegeben. Diese Tabelle enthält auch Maßnahmen, um die Feuchtelast der Luft zu mindern.

Tabelle 7: Feuchtelasten beim Wohnen in historischen Gebäuden mit Innendämmung

Kategorie	Ursache	Beschreibung Beispiele	Typische Gegenmaßnahmen (bei Innendämmung)
Nutzerbedingte Feuchtelasten	Atmung und Schwitzen	Bewohner geben kontinuierlich Feuchtigkeit an die Raumluft ab.	Regelmäßiges Lüften (Fenster oder Lüftungsanlage), bedarfsgerechte Feuchterege- lung.
Nutzerbedingte Feuchtelasten	Kochen, Duschen, Wäsche	Hohe punktuelle Feuchte- belastung in Küche/Bad.	Dunstabzug nach außen, me- chanische Lüftung in Bad, kein Trocknen von Wäsche im Wohnraum.
Nutzerbedingte Feuchtelasten	Pflanzen / Aqua- rien	Erhöhen die Dauerfeucht- ebelastung.	Begrenzung der Anzahl, Abde- ckung von Aquarien.
Baulich-konstruktive Ursachen	Aufsteigende Feuchtigkeit	Besonders bei histori- schen Gebäuden ohne Abdichtung.	Horizontalsperre nachrüsten, kapillaraktive Sanierputze, Lüf- tung von Sockelbereichen.
Baulich-konstruktive Ursachen	Schlagregenbelas- tung	Außenwände nehmen Feuchte auf, die durch In- nendämmung langsamer austrocknet.	Schlagregenschutz (Fassa- denputz, Dachüberstände, hydrophobierende, diffusi- onsoffene Beschichtungen).
Baulich-konstruktive Ursachen	Wärmebrücken	Besonders an Fensterlai- bungen, Deckenanschlüs- sen, Balken.	Detailgerechte Dämmung mit kapillaraktiven Innendämmsys- temen, wärmebrückenminimie- rende Anschlüsse.
Baulich-konstruktive Ursachen	Neubaufeuhte (Sanierung)	Hohe Restfeuchte nach Putz- oder Estricharbei- ten.	Ausreichende Trocknungszeit, technisches Trocknen, vor Ein- bau der Innendämmung Feuchtemonitoring.
Technisch-betriebli- che Ursachen	Unzureichende Lüftung	Historische Gebäude oft ohne kontrollierte Lüftung, Innendämmung erschwert Austrocknung.	Lüftungskonzept (Fensterlüf- tung, ggf. mechanische Lüf- tung mit Wärmerückgewin- nung).
Technisch-betriebli- che Ursachen	Ungenügende Be- heizung	Kalte Wandoberflächen → Kondensatgefahr hinter Innendämmung.	Gleichmäßige Grundtemperie- rung, Strahlungsheizung (z. B. Wandheizung).
Technisch-betriebli- che Ursachen	Leitungsführung in der Innendäm- mung	Kondensat oder Leckagen kaum erkennbar.	Leitungen möglichst in Installa- tionsebene vor der Dämmung führen, Feuchtesensoren.
Klimatische / äußere Einflüsse	Hohe Außenluft- feuchte	Besonders in Sommer- /Übergangszeiten proble- matisch.	Lüftung nur bei günstigen Au- ßenbedingungen, evtl. Feuch- teststeuerung.
Klimatische / äußere Einflüsse	Wetterwechsel / Schlagregen + Frost	Wechsel von Feuchte- und Frostbelastung erhöht Bauschäden.	Regelmäßige Kontrolle der Fassade, Wartung von Dach- rinnen und Entwässerungssys- temen.

Die im Rahmen des Projektes detektierten raumseitigen Feuchtelasten konnten als normal bis hoch eingestuft werden (Tabelle 6). Die hohen raumseitigen Feuchtelasten in drei Räumen sind höchst- wahrscheinlich nutzungsbedingt, infolge der sehr kleinen Räume und möglicherweise häufig ge- schlossener Türen während der Nutzung. Würden die Türen meist geöffnet sein, wären die Feuch- telasten in allen Räumen ähnlich (Ausnahme: Badezimmer). Die Messdaten zeigen jedoch, dass sich das Raumklima der Diele von den anderen Raumklimaten unterscheidet. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass in allen Räumen eine Mindesttemperatur eingehalten wurde, die jedoch etwas unterhalb der empfohlenen Mindesttemperatur (Abbildung 3) während kälterer Witterungspe- rioden, liegt. Hinsichtlich der witterungsbedingten Einflüsse haben sich im Untersuchungszeitraum unterschiedliche Witterungen eingestellt. Wobei die meisten der Winterperioden, als relativ warme Perioden eingestuft werden mussten. Jedoch stellten sich im Jahr 2024 einige Eistag ein, so dass die Innendämmsysteme in diesem Zeitraum einer entsprechenden Belastung ausgesetzt waren.

Untersucht wurden sowohl diffusionsoffene und kapillaraktive Systeme als auch dampfbremsende Innendämmsysteme. Ein Vergleich der verschiedenen Systemarten ist in Tabelle 8 dargestellt. Unterschiedlichen Einsatzempfehlungen der System zeigt Tabelle 9. Vereinfacht kann gesagt werden, dass dampfbremsende Innendämmsysteme sehr effizient sein können, jedoch sind sie fehlertoleranzarm. Kapillaraktive System bieten eine robuste Feuchteführung und sind für ältere Bestandsbauwerke meist die sicherere Wahl. Aerogelhaltige Dämmstoffe kommen meist zum Einsatz, wenn eine möglichst dünne Dämmschicht erforderlich ist.

Tabelle 8: Vergleich dampfbremsende vs. diffusionsoffene und kapillaraktive Innendämmsysteme

Kriterium	Dampfbremsendes Innensystem (z. B. EPS/PUR/MW + Dampfbremse, sd-variabel)	Kapillaraktives Innendämmsystem (z. B. Kalziumsilikat, Mineralschaum/Multipor, Perlit, Aerogelputz/-platte*)
Grundprinzip	Wasserdampfdiffusion nach außen stark begrenzen	Feuchte aufnehmen, verteilen, nach innen rücktrocknen
Fehlertoleranz	Niedrig – Leck/Undichtheit kann Kondensatfalle erzeugen	Hoch – puffert Feuchte, erlaubt Rücktrocknung
Feuchte-/Salzbelastete Altbauwand	Nicht geeignet	Geeignet (mit Vortrocknung/Salzmanagement)
Schlagregenbelastung außen	Nur bei schwach belasteter Fassade	Eher geeignet, wenn Außenhaut ertüchtigt ist
Luftdichtheit/Details	Sehr hohe Ausführungspräzision nötig	Vollflächig hohlraumfrei; Detailfehler toleranter
Sommerliche Rücktrocknung	Begrenzt (besser mit sd-variabler Bremse)	Gut (nach innen)
Oberflächenaufbau innen	Häufig Gips/Dispersion möglich	Mineralisch/diffusionsoffen (Kalk/Silikat); keine Tapeten
Wärmeschutz je Dicke	Sehr gut (v. a. PUR)	Gut; sehr gut bei Aerogel (dünn)
Risiko bei Ausführungsmängeln	Hoch (Feuchtefalle hinter Bremse)	Geringer (Puffer + Rücktrocknung)
Typische Materialien	EPS, XPS, PUR/PIR, Mineralwolle + Dampfbremse/-sperre (sd-variabel bevorzugt)	Kalziumsilikat, Mineralschaum/Multipor, Perlit, Aerogelputz/-platte*

*Aerogel-Hinweis: Kapillarität meist moderat, aber sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit → dünne, wirksame Innendämmung. Planung wie bei kapillaraktiven Systemen, Feuchtepfade prüfen.

Tabelle 9: Einsatzempfehlungen der verschiedenen System

Situation / Randbedingung	Empfehlung
Außenwand trocken, schlagregenarm, sichere Luftdichtheit erreichbar	Dampfbremsend (sd-variabel)
Historischer Bestand, Feuchte-/Salzrisiko oder viele komplizierte Details	Kapillaraktiv (Kalziumsilikat / Mineralschaum; Aerogel, wenn sehr wenig Platz)
Sehr geringe Aufbauhöhe, Wärmebrücken entschärfen	Aerogel (geplant wie kapillaraktiv, Feuchtepfade prüfen)
Unsichere Ausführung (Durchdringungen/Anschlüsse)	Kapillaraktiv (höhere Fehlertoleranz)
Feuchte Außenwand (Schlagregen/Sockel)	Zuerst Außenhaut/Salze sanieren; danach eher kapillaraktiv
Nutzungsprofil feuchteam, hoher U-Effekt gewünscht	Dampfbremsend (sd-variabel, sorgfältige Luftdichtheit)

Hinweis: Auswahl immer mit bauphysikalischem Nachweis (EN 15026) und Isoplethenbewertung der Oberflächenklimata absichern.



Sowohl die untersuchten dampfbremsenden Systeme der Firmen isofloc AG und best wood Schneider GmbH als auch die kapillaraktiven Systeme der Firmen Sto SE & Co. KGaA, ADT Aero Dämntechnik GmbH und Xella Deutschland GmbH zeigen nach drei Winterperioden kein Schadenspotenzial hinsichtlich Tauwasser, Schimmelbildung oder Frost-Tauschädigungen.

In der Regel kann eine abschließende Bewertung hinsichtlich der beschriebenen Kriterien erst nach einem erfolgten Langzeitmonitoring erfolgen. Ein solches Langzeitmonitoring umfasst mindestens fünf Winterperioden.

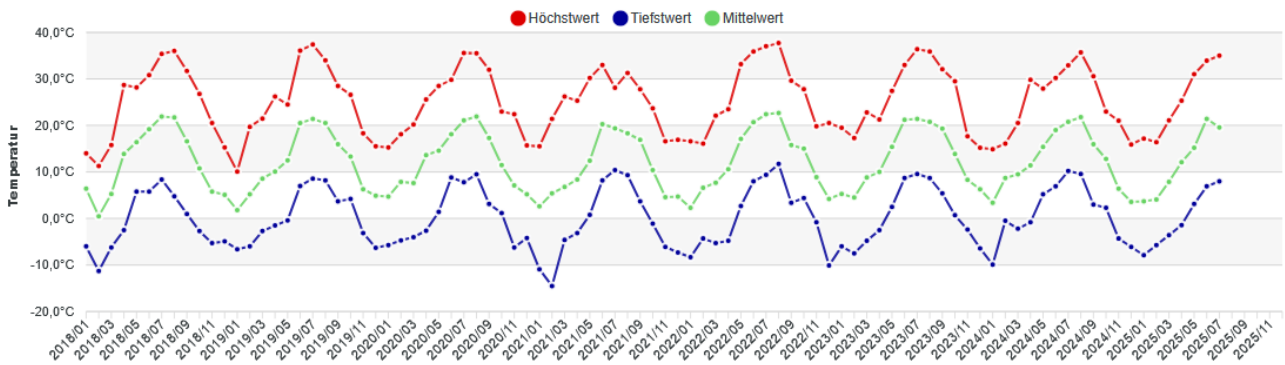
Stuttgart, den 04.09.2025

Dipl.-Ing. Simone Reeb MBA



7 Anhang 1 - Außenklima – Freiburg

Monatswerte: Temperaturen Freiburg (2018 bis 2025)



(c) Wetterkontor, Datenquelle: DWD

Abbildung 46: Monatswerte Außentemperaturen 2018 – 2025 [14]

Monatswerte: Niederschlag Freiburg (2018 bis 2025)

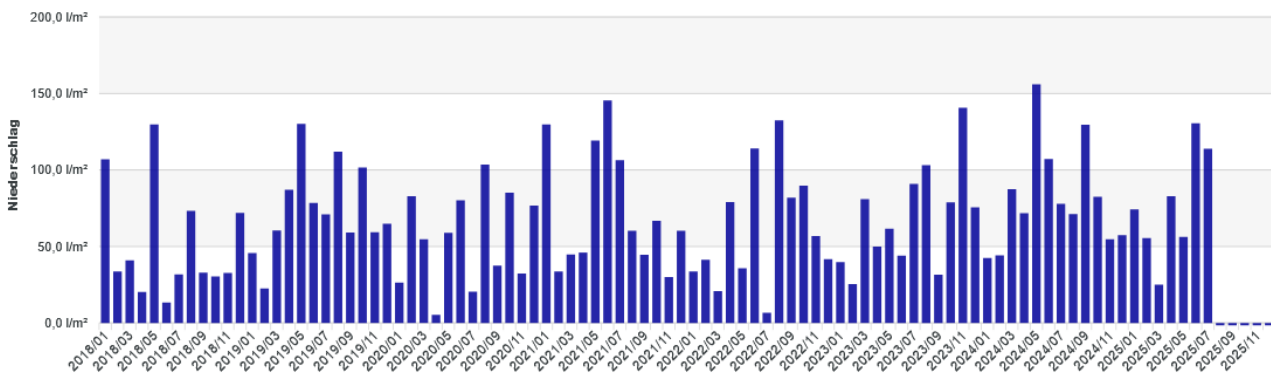
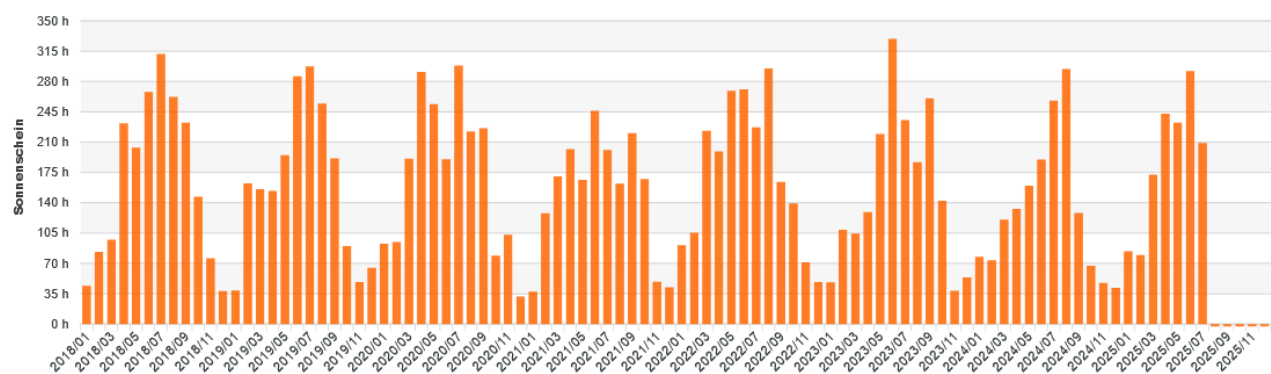


Abbildung 47: Monatswerte Niederschlag 2018 – 2025 [14]

Monatswerte: Sonnenscheindauer Freiburg (2018 bis 2025)



(c) Wetterkontor, Datenquelle: DWD

Abbildung 48: Monatswerte Sonnenscheindauer 2018 – 2025 [14]

Zeitraum	Temperatur		Niederschlag		Sonnenschein	
	Mittel	Abw.	Summe	% v.I.M.*	Summe	% v.I.M.*
Herbst 2022	13,2	+1,9	228,5	101%	374,4	105%
Sommer 2022	21,9	+1,9	253,3	95%	k.A.	k.A.
Frühling 2022	11,8	+0,5	135,5	60%	691,7	129%
Winter 2021/2022	4,5	+1,0	135,2	81%	238,9	113%

Abbildung 49: Klima 2022 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020) [14]

Zeitraum	Temperatur		Niederschlag		Sonnenschein	
	Mittel	Abw.	Summe	% v.I.M.*	Summe	% v.I.M.*
Herbst 2023	13,8	+2,5	250,9	111%	441,5	124%
Sommer 2023	21,1	+1,1	k.A.	k.A.	751,3	106%
Frühling 2023	11,4	+0,1	192,6	85%	453,1	84%
Winter 2022/2023	4,7	+1,2	107	64%	205,5	97%

Abbildung 50: Klima 2023 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020) [14]

Zeitraum	Temperatur		Niederschlag		Sonnenschein	
	Mittel	Abw.	Summe	% v.I.M.*	Summe	% v.I.M.*
Herbst 2024	11,7	+0,4	266,8	118%	242,8	68%
Sommer 2024	20,5	+0,5	k.A.	k.A.	742,2	105%
Frühling 2024	12,1	+0,8	315,2	139%	413,3	77%
Winter 2023/2024	6,1	+2,6	162,1	97%	205	97%

Abbildung 51: Klima 2024 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020) [14]

Zeitraum	Temperatur		Niederschlag		Sonnenschein	
	Mittel	Abw.	Summe	% v.I.M.*	Summe	% v.I.M.*
Frühling 2025	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	649,3	121%
Winter 2024/2025	3,8	+0,3	187,2	113%	205,4	97%

Abbildung 52: Klima 2025 – jahreszeitliche Abweichungen vom langjährigen Mittel (1991-2020) [14]

8 Anhang 2 – Ergebnisse Gaststube OG – Fachwerk

Raumseitige Feuchtelast nach Tabelle 6 ist als normal einzustufen. 95%-Grenzwert für Schimmelbildung weder am Holzständer als am Gefach detektiert (Abbildung 55) → keine Gefahr Bildung Schimmelpilz. Keine Tauwasserbildung beobachtet (Abbildung 56 und Abbildung 57).

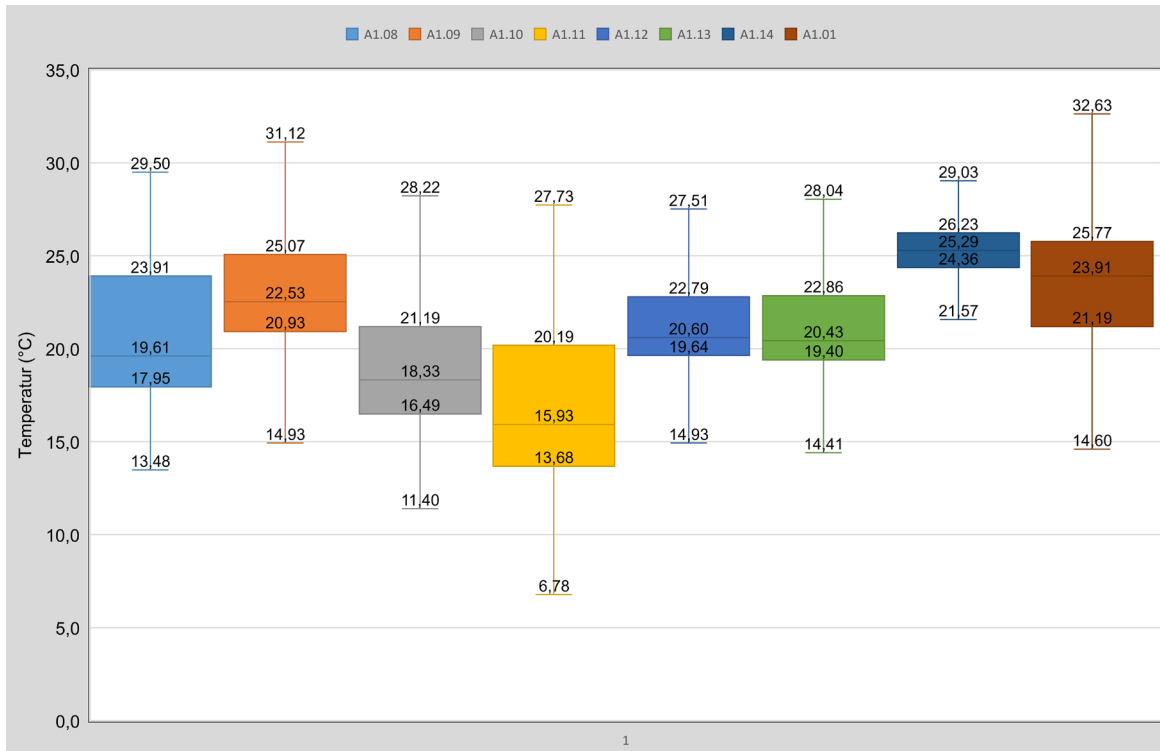


Abbildung 53: Raumtemperaturen – Boxplotdarstellung – A 1.01 Wirtsstube

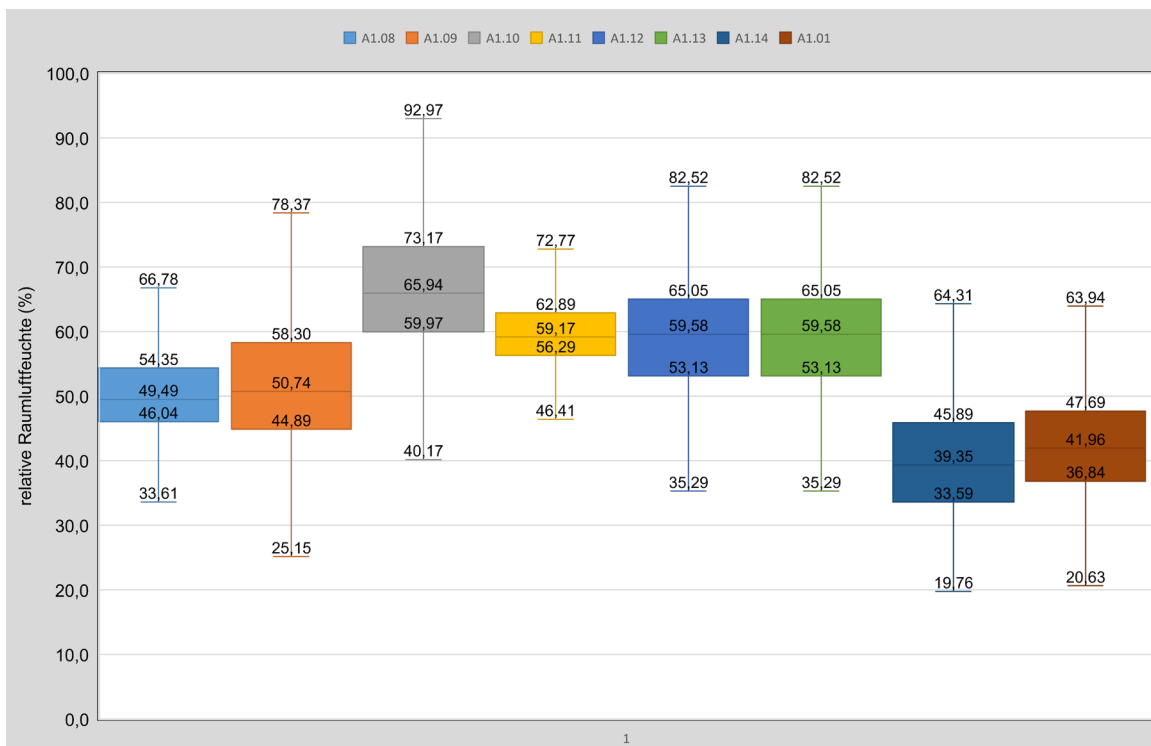


Abbildung 54: rel. Raumluftfeuchten – Boxplotdarstellung – A 1.01 Wirtsstube

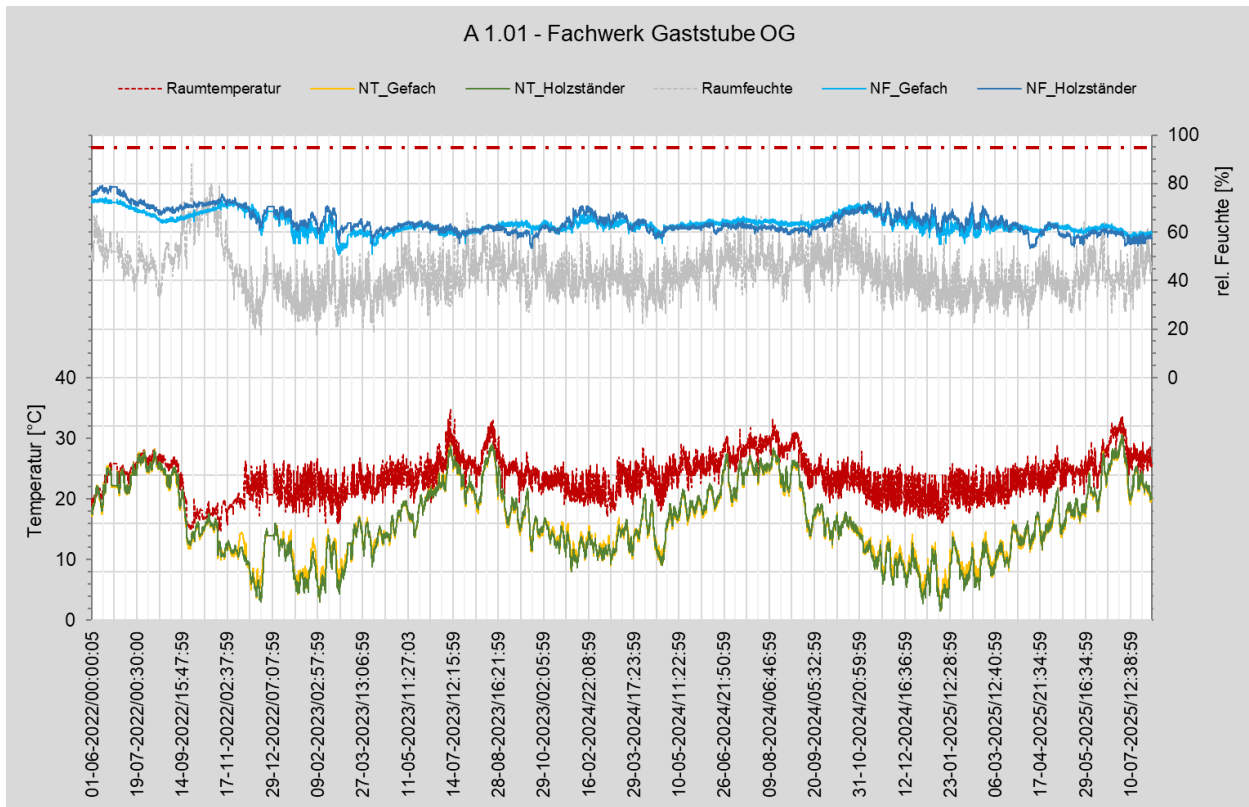


Abbildung 55: Raumklima und Nahfeldklima Fachwerk

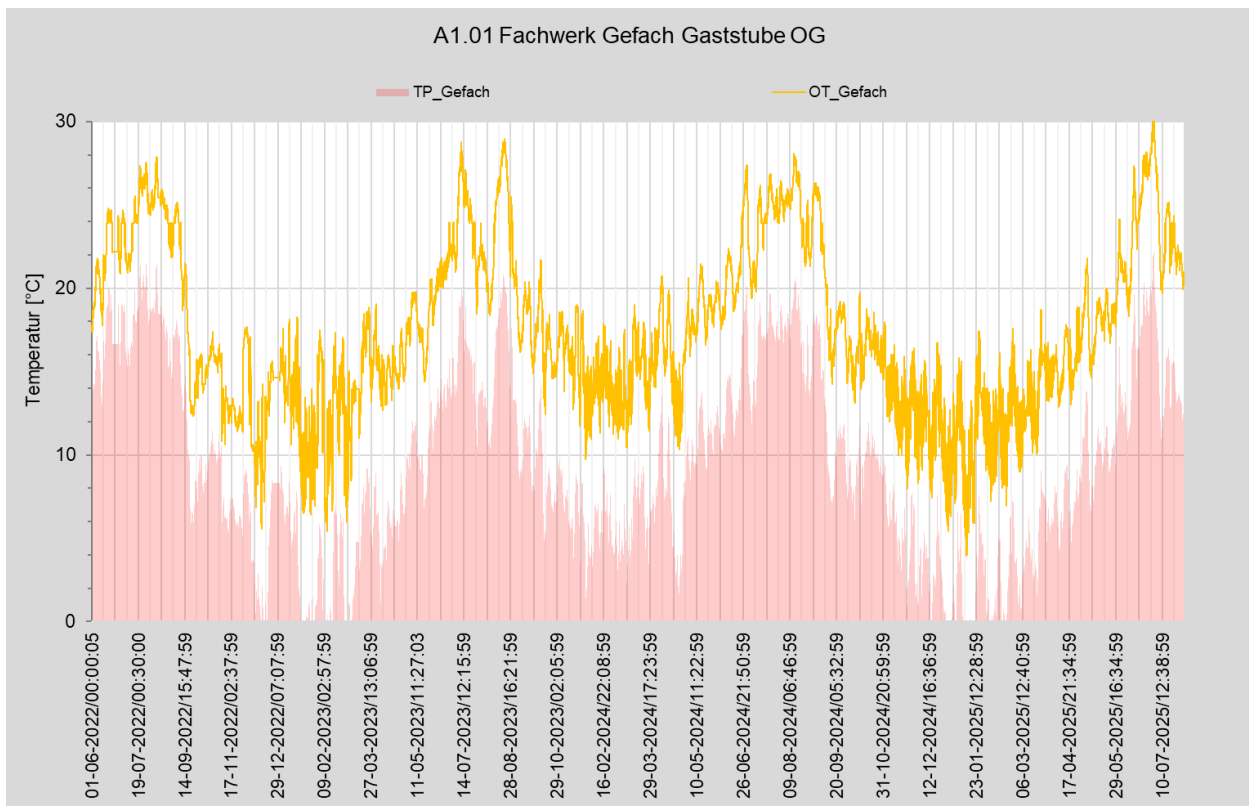


Abbildung 56: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Gefach

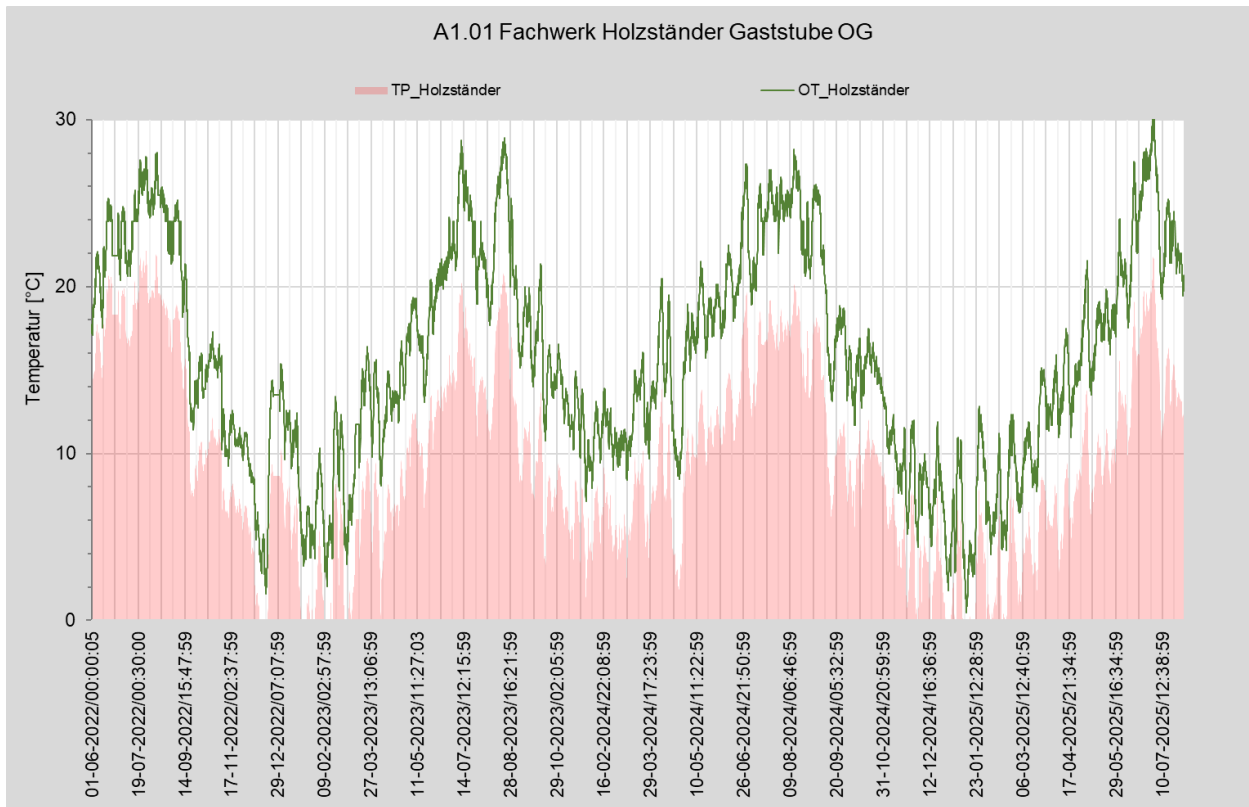


Abbildung 57: Taupunkt-/Oberflächentemperatur Holzständer

9 Anhang 3 – Boxplot - Raumlufbedingungen

Bei einem Boxplot handelt es sich um eine Darstellung von statistischen Verteilungen (Abbildung 58). Hier gibt die Box den Bereich an, in dem die mittleren 50 % aller Werte liegen. Das untere Ende der Box ist das 1. Quartil und das obere Ende das 3. Quartil.

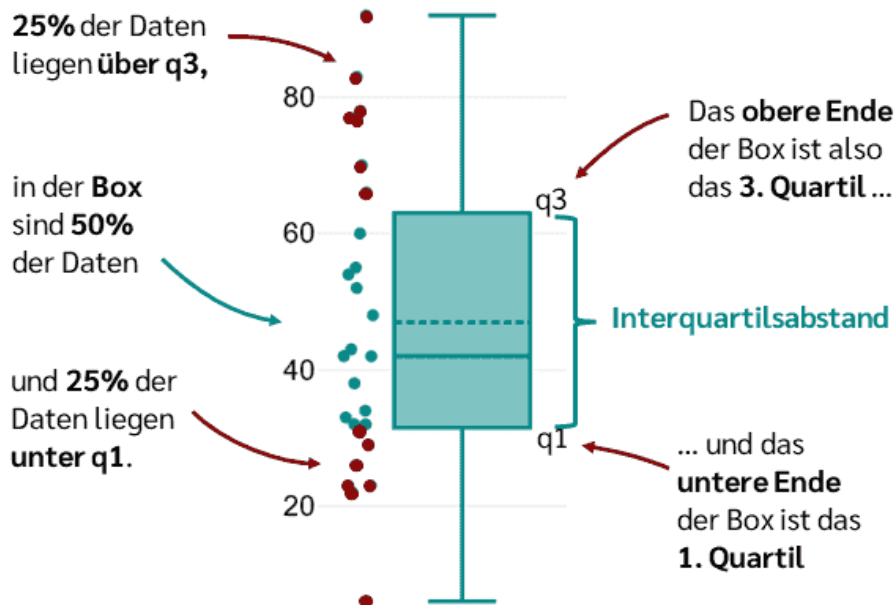


Abbildung 58: Beschreibung Boxplot

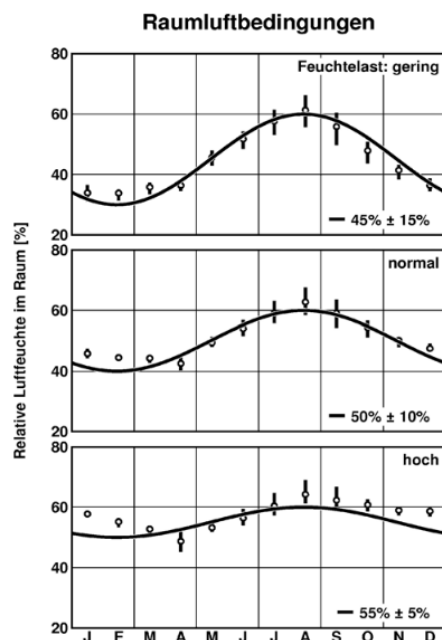


Abbildung 59: Aus Daten der deutschen Test-Referenzjahre ermittelte Verläufe der Raumlufteuchte für unterschiedliche Feuchtelasten [15]

10 Literatur

- [1] WTA-Merkblatt 8-1:2014/D „Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude“ ; WTA International e. V.
- [2] DIN EN ISO 6946 „Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren“
- [3] DIN 4108-2 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [4] Technisches Datenblatt isofloc LM; Isofloc AG; CH-9606 Büttenschwil
- [5] DIN 4108-10 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe
- [6] Technisches Datenblatt INTELLO PLUS; pro clima; Möll bauökologische Produkte GmbH; 68723 Schwetzingen
- [7] Technisches Datenblatt sto Aevero Innendämmplatte; Sto SE & Co. KGaA; 79780 Stühlingen
- [8] Technisches Datenblatt Aero Plaster; ADT Aero Dämm Technik GmbH; 79379 Müllheim
- [9] Technisches Datenblatt Multipor Mineraldämmsysteme; Xella Deutschland GmbH
- [10] Technisches Datenblatt best wood FLEX 50; best wood Schneider GmbH; 88436 Eberhardzell
- [11] DIN 4108-3 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung“
- [12] WTA-Merkblatt 6-4:2016/D „Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden“; WTA Publications; Fraunhofer IRB Verlag; ISBN 978-3-8167-9837-8
- [13] WTA-Merkblatt E-8-14:2025 „Holzbalkendecken-Instandsetzung nach WTA Teil II: Feuchteschutz von Balkenköpfen“; WTA International e. V.
- [14] <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp>
- [15] Künzle, H. M., Sedlbauer K., Holm A., Krus M.: Entwicklung der hygrothermischen Simulation im Bauwesen am Beispiel der Softwarefamilie WUFI