



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna | Austria

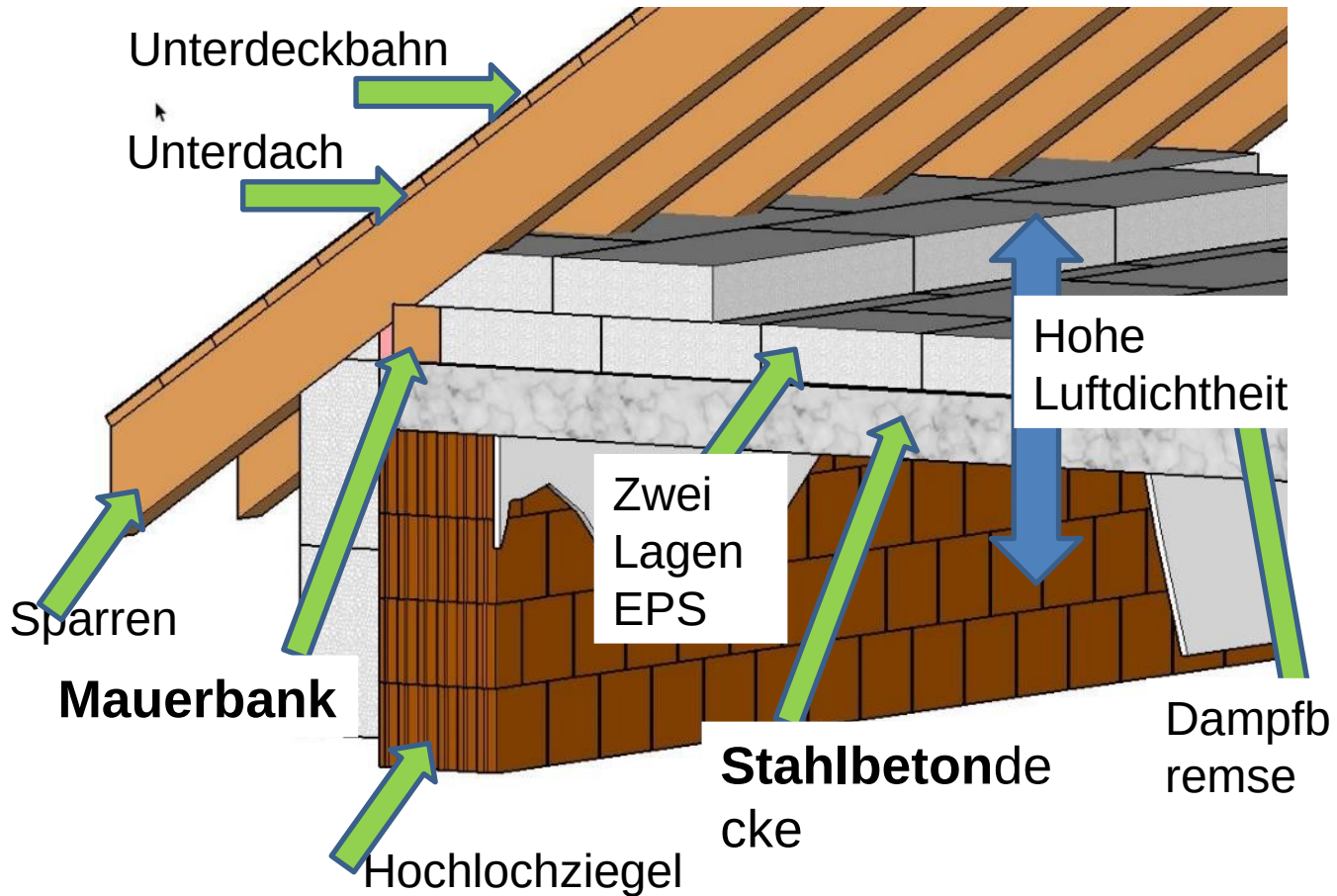
Feuchteschäden Mauerbank - Kondensat & Schimmel

Was sind die Ursachen und wie kann man diese vermeiden?

T. Lewis, A. Sarkany, T. Bednar

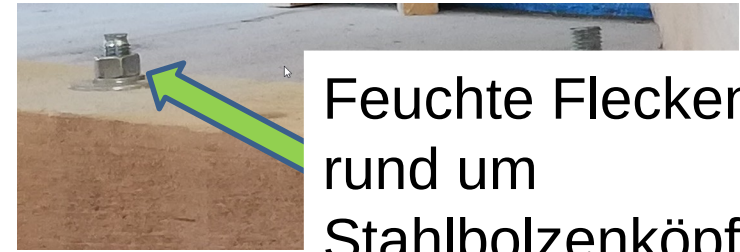
24.8.2023

1. Problemstellung
2. Großversuch EPS, MiWo
3. Handlungsanleitung
4. Umfrage unter Teilnehmenden
5. Ausblick



Problemstellung

Foto aus dem Versuchsaufbau,
keine Schadensfotos aus
Original verfügbar

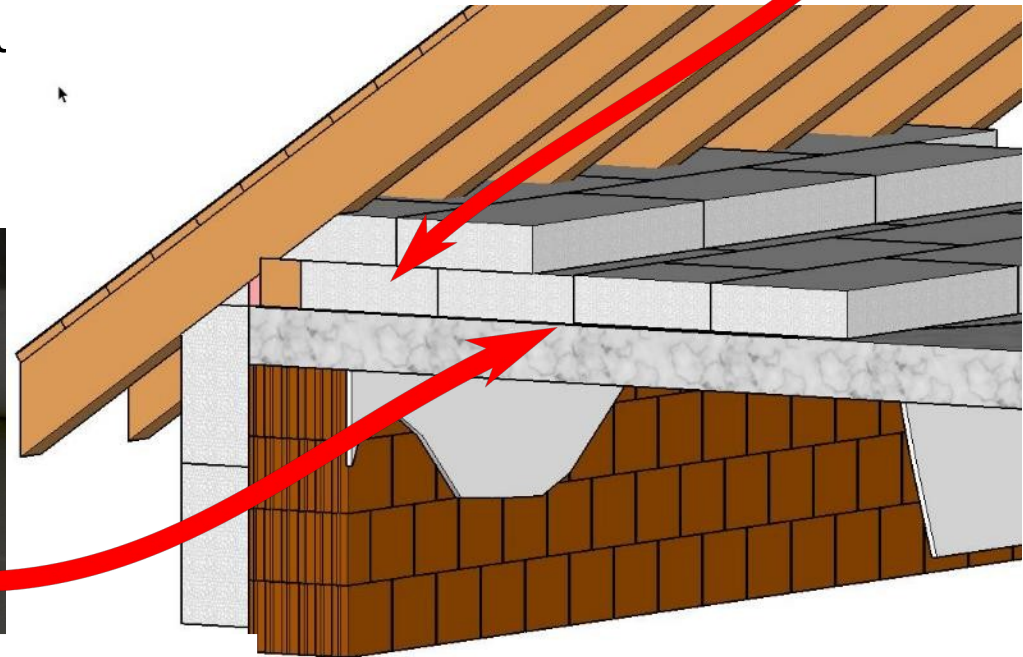


Feuchte Flecken
rund um
Stahlbolzenköpfe

- Warum wird es feucht (-> Kondensat, Schimmel)
 - an den **Stahlbolzenköpfen** an der Mauerbank?
 - in den Fugen der **EPS-Lage**?



Schimmel und
Kondensat in EPS-
Fugen



Programmpunkt Fragerunde (wechseln zu .xlsx-Datei)

Frage	Ausführung	Wissenschaft/Forschung/Lehre	Beratung	Sonstige
1 Sind Sie tätig in				
	<i>Massivbau</i>	<i>Leichtbau</i>	<i>kein Schwerpunkt</i>	
2 Liegt ihr Schwerpunkt in				
	<i>ja</i>	<i>nein</i>		
3 Begegnen Sie realen Schimmel- bzw. Kondensaterscheinungen in unconditionierten Dachböden?				
	<i>ja</i>	<i>nein</i>		
4 Sind sie dem im aktuellen Projekt beschriebenen Fall schon begegnet (Schäden an der Mauerbank)?				
5 Wo treten Ihrer Erfahrung nach in unconditionierten Dachböden die meisten Schäden auf (offene Antwort, Diskussion)?				
	<i>Massivbau</i>	<i>Leichtbau</i>	<i>kein Unterschied</i>	
6 Sofern zu beidem Erfahrung vorliegt – bemerken Sie eine Häufung im Leicht- oder Massivbau bezüglich Schäden am Dachboden?				
	<i>Plattenartige (EPS)</i>	<i>Durchströmbare (MiWo, Zellulose etc.)</i>		
7 Welchen Dämmstoff setzen sie als Dämmung der obersten Geschuoßdecke unter Dachböden bevorzugt ein?				
	<i>ja</i>	<i>nein</i>	<i>ich beauftrage sie extern in Spezialfällen</i>	
8 Führen Sie fallweise hygrothermische Simulation zum Feuchtetransport aus?				
9 Bezügliche Feuchteschäden am Dachboden/Dachbereich würde ich mir verstärkt Forschung wünschen (offene Antworten, Diskussion)				

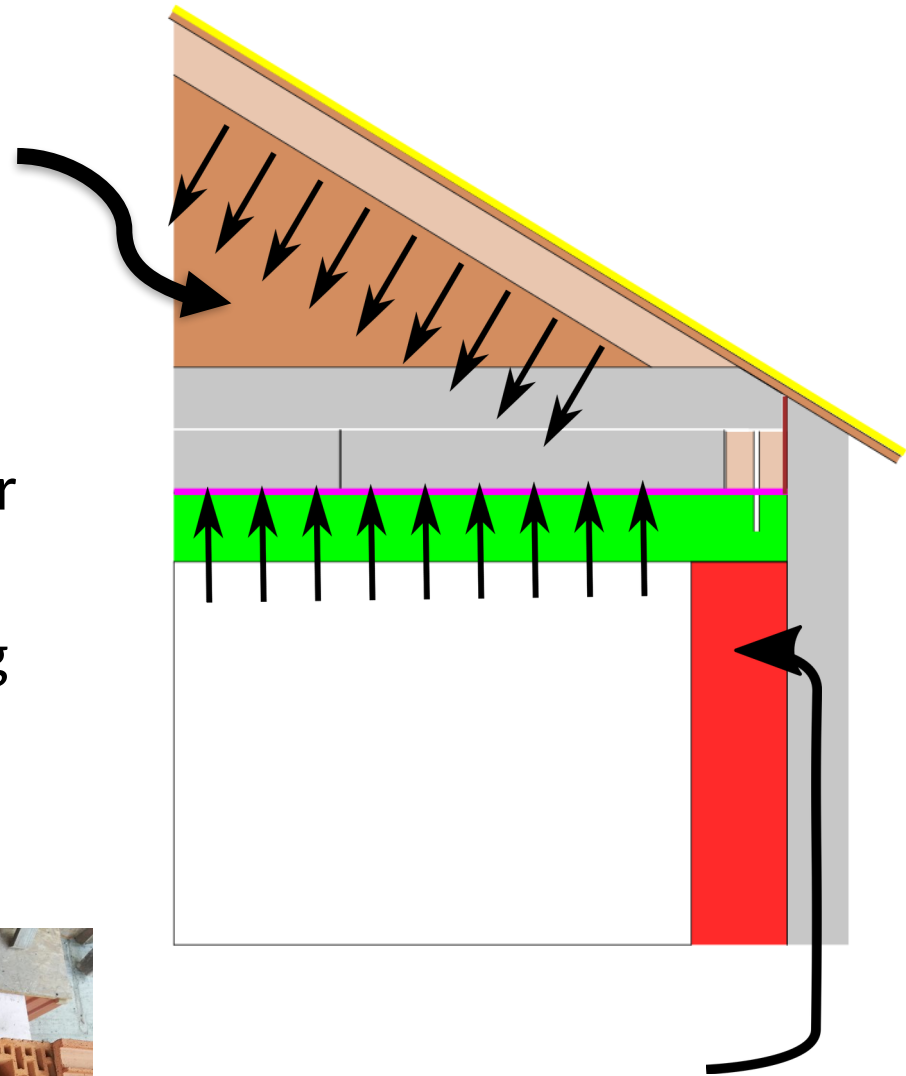
- Wie kam ein berichteter Feuchteschaden im Bereich der Mauerbank zustande
- Ausführungsempfehlungen entwickeln
- Beiträge für die ÖNORM 8110-2:2020 für die Anschlussbeurteilung entwickeln

1. Besteht ein Unterschied bezüglich der Feuchtetoleranz zwischen EPS und Mineralwolle?
2. Wie gut kann eine Messung simuliert werden?

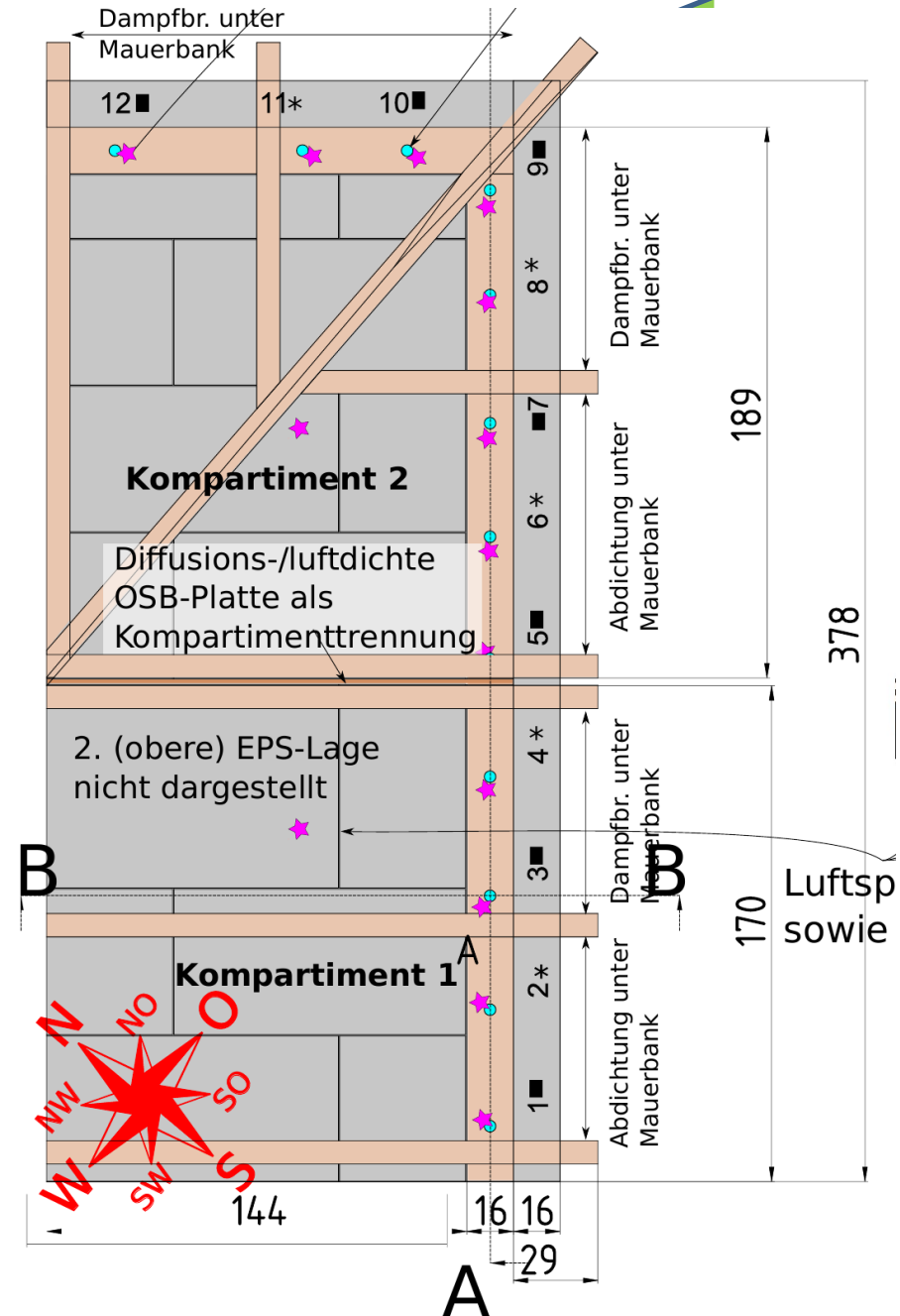
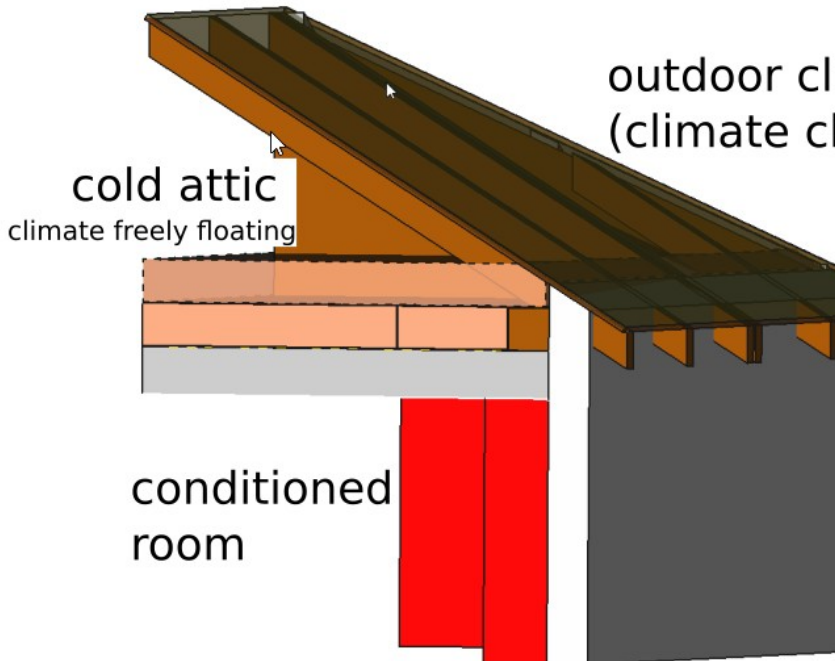
1. *Nachbau im Maßstab 1:1* einer Gebäudeecke mit Sparrensteildach
2. Messung mit *EPS* und *Mineralwolle* in zeitlich gestaffelten Versuchen, es wurden nie beide Dämmstoffe gleichzeitig gemessen
3. mit *eingepplanter Leckage* (= Schaden) unterschiedlichen Durchmessers in der Stahlbetondecke
4. unter Einbringung einer *geringen Wassermenge* auf die Dampfbremse auf der Stahlbetondecke (bei verschlossener Leckage)

Hypothesen zur Ursachen

- Leckage in Stahlbetondecke
- Unzureichende Belüftung Dachboden
- Flankentransport über WDVS zur Mauerbank
- sd-Wert Dampfbremse zu gering oder zu hoch
- Einbaufeuchte des Holzes



Großversuch







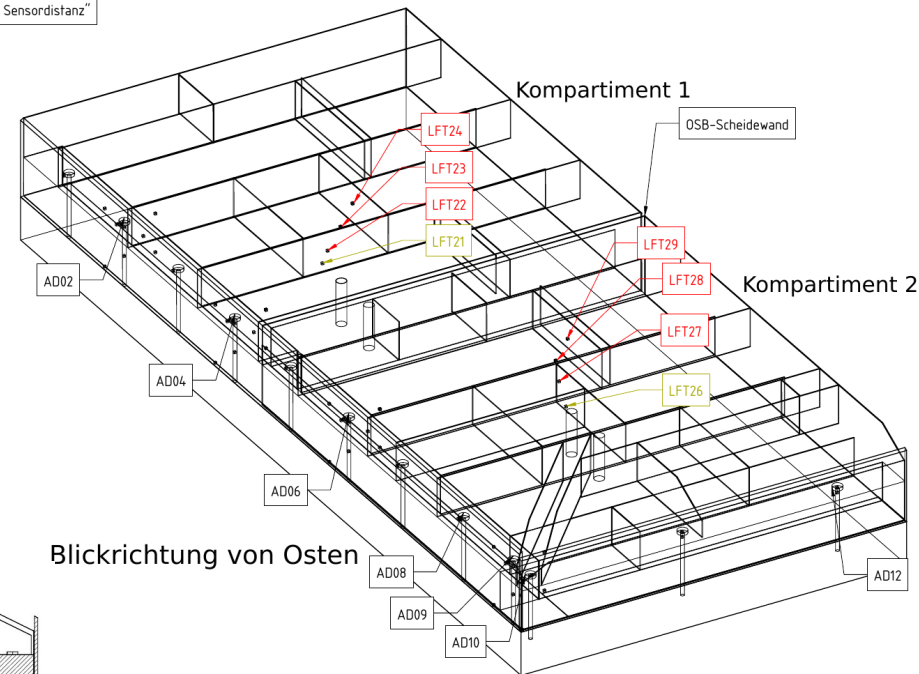
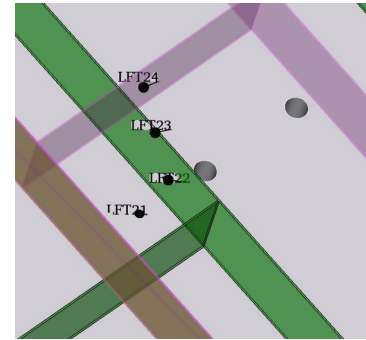
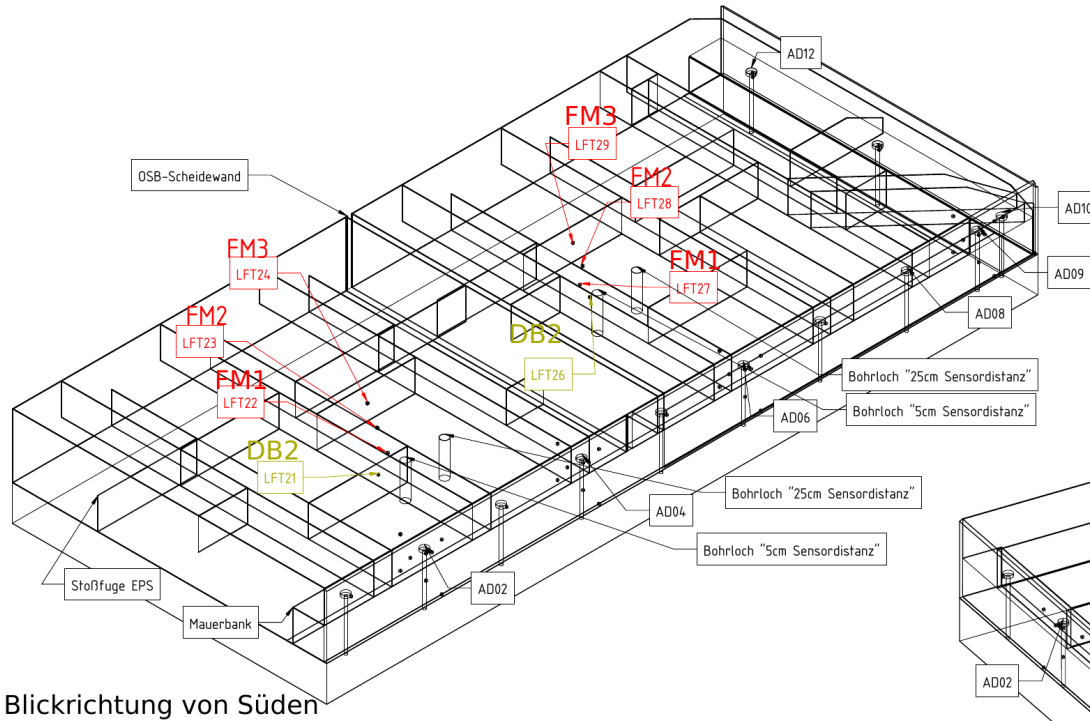
- > 60 Sensoren und > 100 Datenpunkte

Mauerbank Großversuch

18.08.2021

Hex-code	Bezeichnung	Anmerkungen
0A	LFT01	bei Ankerdorn 2, zwischen Folie und EPS (Lage 1)
0B	LFT02	bei Ankerdorn 2, mittig zwischen Mauerbank und EPS (Lage 1)
0C	LFT03	bei Ankerdorn 2, zwischen EPS, Lage 2, und Mauerbank Oberseite
0D	LFT04	bei Ankerdorn 2, mittig zwischen EPS (Lage 2) und Fermacellplatte
0E	LFT05	bei Ankerdorn 2, zwischen EPS (Lage 1) und EPS (Lage 2)
0F	LFT06	bei Ankerdorn 4, zwischen Folie und EPS (Lage 1)
10	LFT07	bei Ankerdorn 4, mittig zwischen Mauerbank und EPS (Lage 1)
11	LFT08	bei Ankerdorn 4, zwischen EPS, Lage 2, und Mauerbank Oberseite
12	LFT09	bei Ankerdorn 4, mittig zwischen EPS (Lage 2) und Fermacellplatte
13	LFT10	bei Ankerdorn 4, zwischen EPS (Lage 1) und EPS (Lage 2)
14	LFT11	bei Ankerdorn 6, zwischen Folie und EPS (Lage 1)
15	LFT12	bei Ankerdorn 6, mittig zwischen Mauerbank und EPS (Lage 1)
16	LFT13	bei Ankerdorn 6, zwischen EPS, Lage 2, und Mauerbank Oberseite
17	LFT14	bei Ankerdorn 6, mittig zwischen EPS (Lage 2) und Fermacellplatte
18	LFT15	bei Ankerdorn 6, zwischen EPS (Lage 1) und EPS (Lage 2)
19	LFT16	bei Ankerdorn 3, zwischen Folie und EPS (Lage 1)
1A	LFT17	bei Ankerdorn 3, mittig zwischen Mauerbank und EPS (Lage 1)
1B	LFT18	bei Ankerdorn 3, zwischen EPS, Lage 2, und Mauerbank Oberseite
1C	LFT19	bei Ankerdorn 3, mittig zwischen EPS (Lage 2) und Fermacellplatte
1D	LFT20	bei Ankerdorn 3, zwischen EPS (Lage 1) und EPS (Lage 2) um 10 cm nach links (Richtung Westen) versetzt. Das Versetzen wurde durch Eckbalken notwendig.
1E	LFT21	Kompartiment 1, zwischen EPS, Lage 1, und Folie,
1F	LFT22	Kompartiment 1, EPS, Lage 1, mittig
20	LFT23	Kompartiment 1, zwischen EPS, Lage 1, und EPS, Lage 2
21	LFT24	Kompartiment 1, EPS, Lage 2, mittig
22	LFT25	
23	LFT26	Kompartiment 2, zwischen EPS, Lage 1, und Folie,
24	LFT27	Kompartiment 2, EPS, Lage 1, mittig
25	LFT28	Kompartiment 2, zwischen EPS, Lage 1, und EPS, Lage 2
26	LFT29	Kompartiment 2, EPS, Lage 2, mittig
27	LFT30	
28	LFT31	bei Ankerdorn 2, Mauerbankfuß außen
29	LFT32	bei Ankerdorn 4, Mauerbankfuß außen
2A	LFT33	bei Ankerdorn 6, Mauerbankfuß außen
2B	LFT34	bei Ankerdorn 3, Mauerbankfuß außen
2C	LFT35	Ecke, Mauerbankfuß außen
2D	LFT36	Ankerdorn 11, Bohrung oben, Oberkante -2 cm
2E	LFT37	Ankerdorn 12, Bohrung oben, Oberkante -2 cm
2F	LFT38	
30	LFT39	bei Ankerdorn 2, Bohrung unten, Unterkante +2 cm
31	LFT40	bei Ankerdorn 2, Bohrung oben, Oberkante -2 cm
32	LFT41	bei Ankerdorn 4, Bohrung unten, Unterkante +2 cm

Sensorpositionen (Isometrie und Längsschnitt)



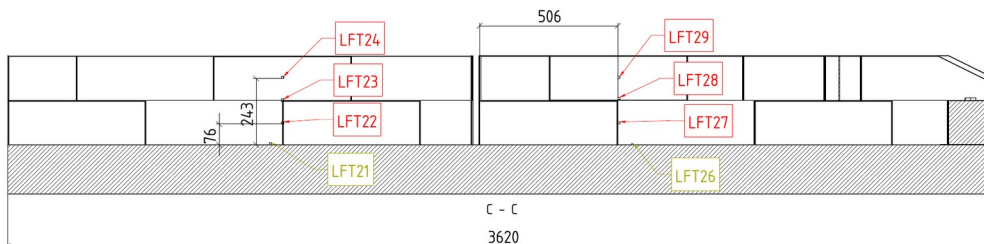
Sensoren in Feldmitte:

LFT21, LFT26: auf Dampfbremse

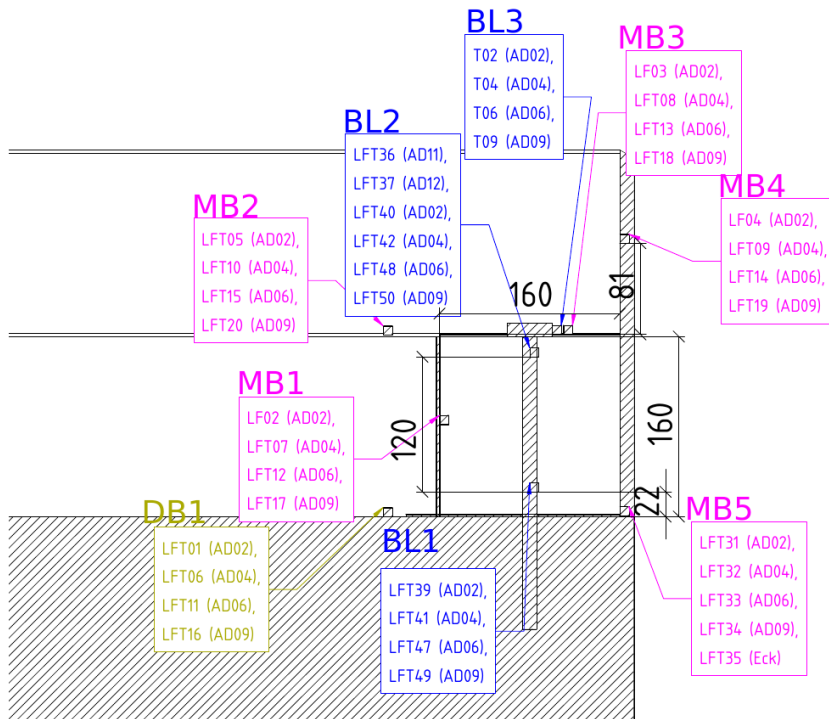
LFT22, LFT27: in EPS-Lage 1 in Stoßfuge (in mittlerer Höhe zwischen Lagerfugen)

LFT23, LFT28: zwischen EPS-Lagen 1 und 2, in Kreuzfuge aus Lager-&Stoßfuge

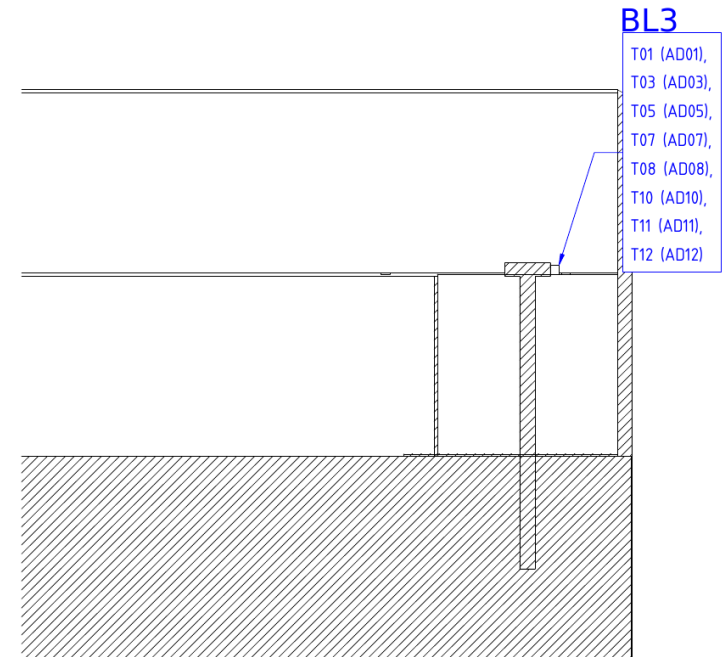
LFT24, LFT29: in EPS-Lage 2 in Stoßfuge (in mittlerer Höhe zwischen Lagerfugen)



Sensorpositionen (Vertikalschnitt Mauerbank)



A-A: Schnitt durch exemplarisches Bohrloch AD02 mit "großer" Sensorausstattung. Sensorpositionen für alle gleichartigen Bohrlöcher.

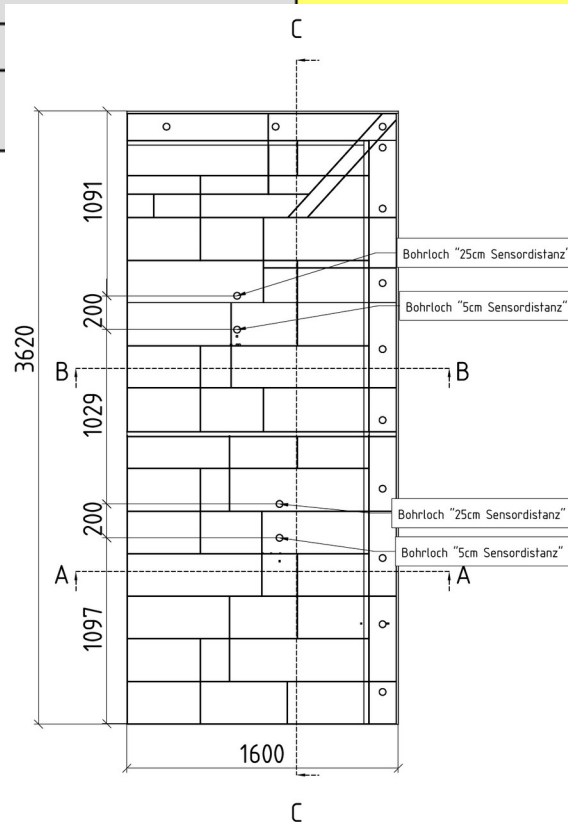


B-B: Schnitt durch exemplarisches Bohrloch AD01. Nur ein Temperatursensor (auf Beilagscheibe). Sensorpositionen für alle gleichartigen Bohrlöcher.

Eckdaten zu den verglichenen Varianten EPS/MiWo

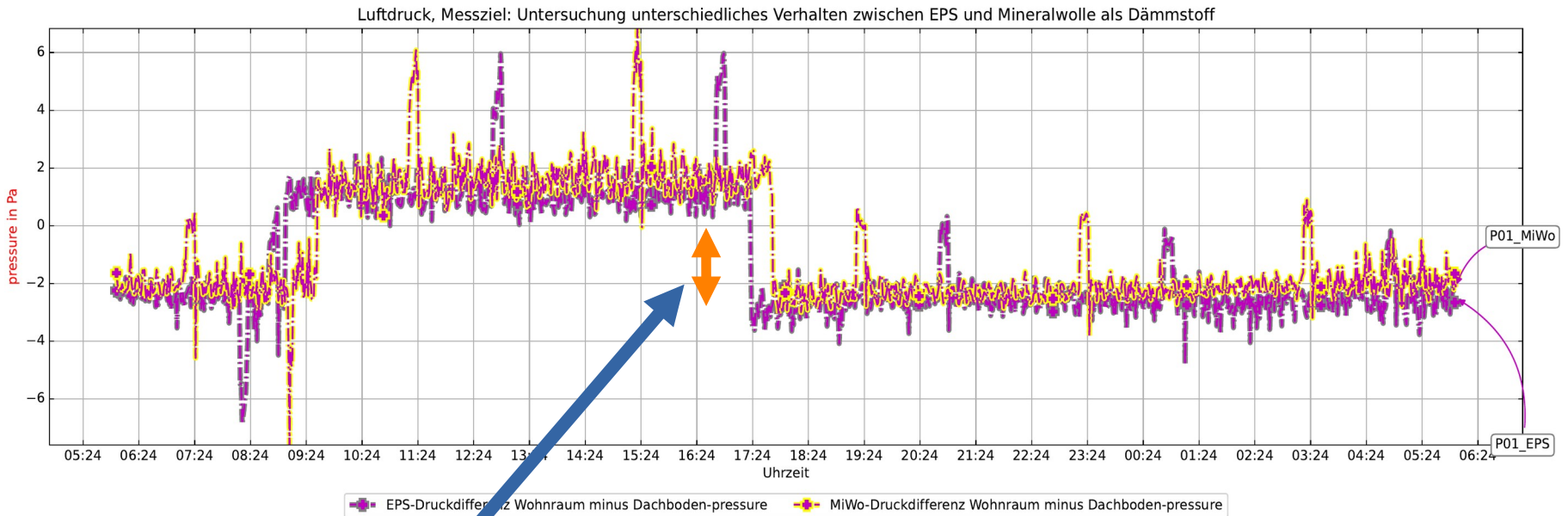
	EPS	Mineralwolle
Kürzel	EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25	MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25
Druckdifferenz in Pa	1,6 Pa	1,7 Pa
Kompartiment 1		
Lochdurchmesser	3.5 mm	5 mm
Lochposition (Distanz zu Sensor)	5 cm	5 cm
Kompartiment 2		
Lochdurchmesser	5 mm	5 mm
Lochposition (Distanz zu Sensor)	5 cm	25 cm

Dämmmaterialien wurden nicht gleichzeitig sondern **sukzessiv** gemessen



Vergleich Randbedingungen MiWo und EPS: Externe Druckdifferenz zwischen Wohnung und Dach

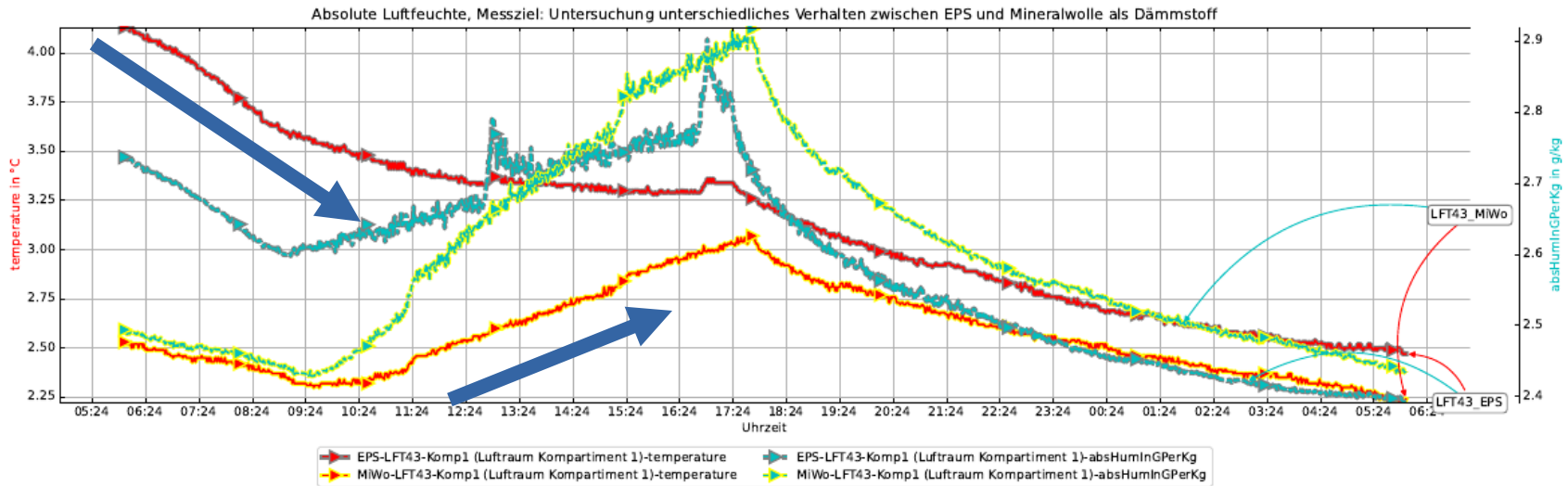
K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 5 cm, Lochdurchmesser: 3.5 mm, // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 5 cm, Lochdurchmesser: 5 mm, // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Verbleibende
 Grunddruckdifferenz

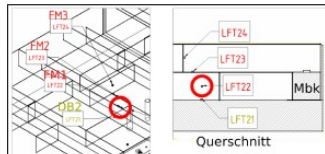
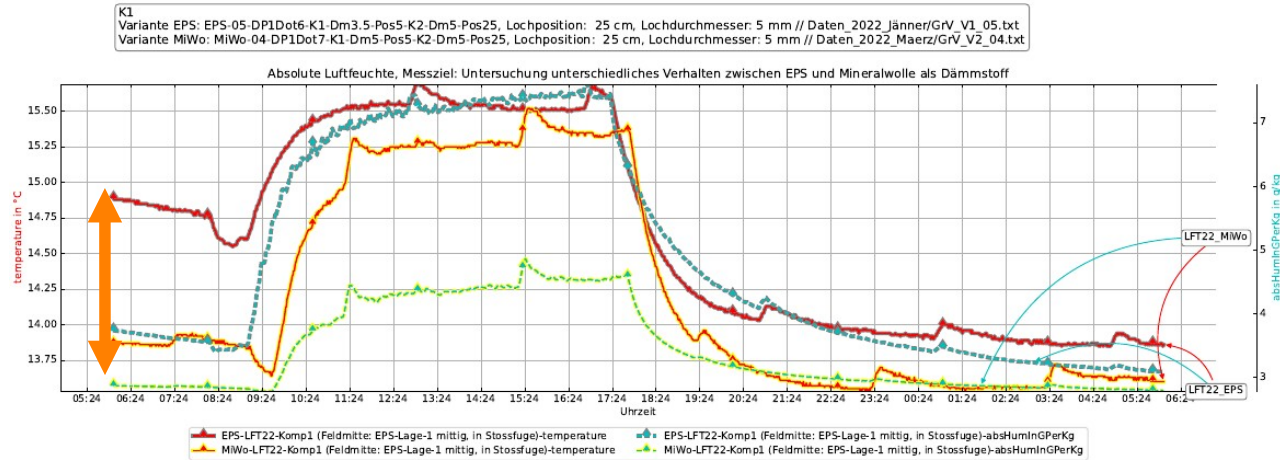
Luftraum Kompartiment 1) Temp. + absHum

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MIWo: MIWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Ausnahme:
 Temperaturanstieg versus -abfall

Sensor LFT22 (Kompartiment 1) absHum



Anfangstemperatur:

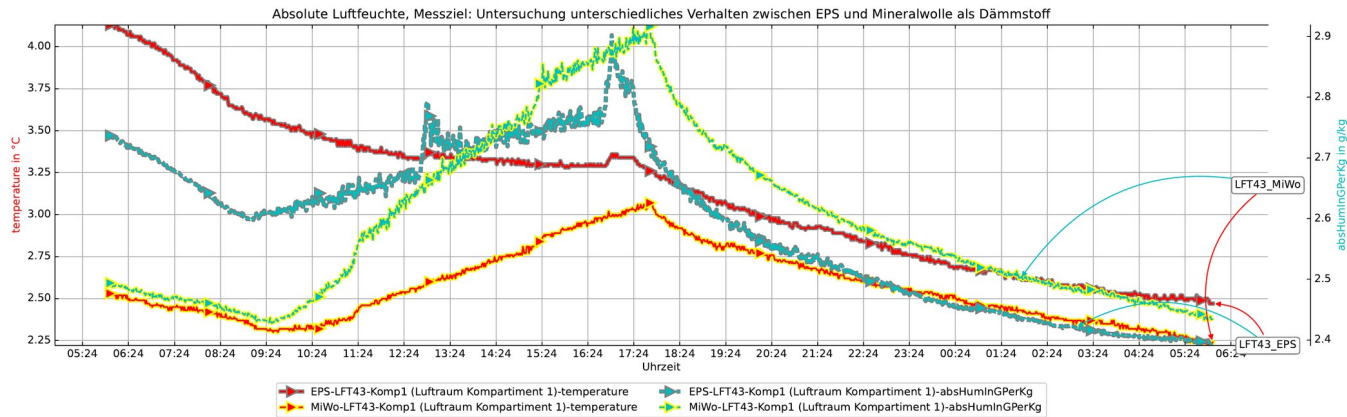
Meistens war Mineralwolle höher als EPS (dieses Bild ist eine Ausnahme)



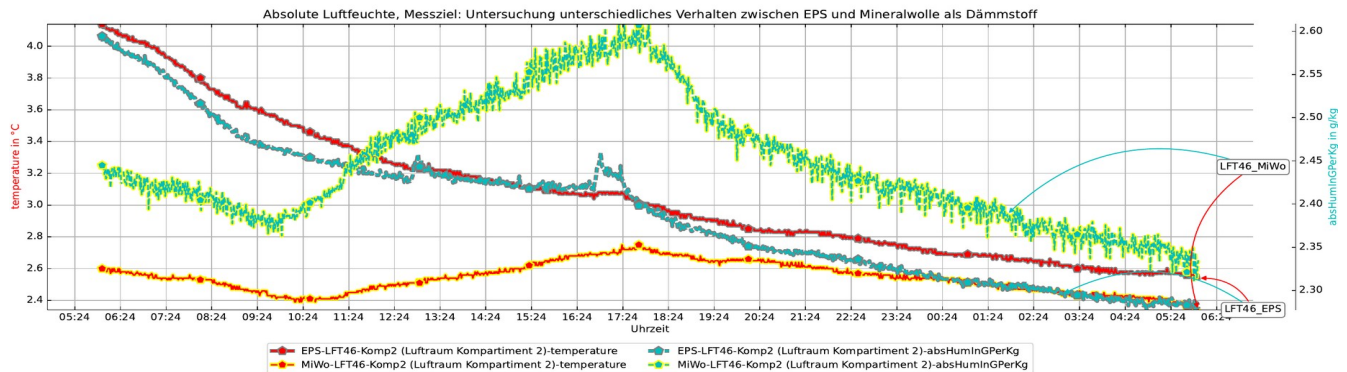
Abb. 4.106: Sensor: LFT22, Kompartiment 1, EPS-Lage 1, mittig, Absolute Luftfeuchte in g/kg

Vergleich Randbedingungen MiWo und EPS: Temperaturen und Feuchten am Dachboden

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

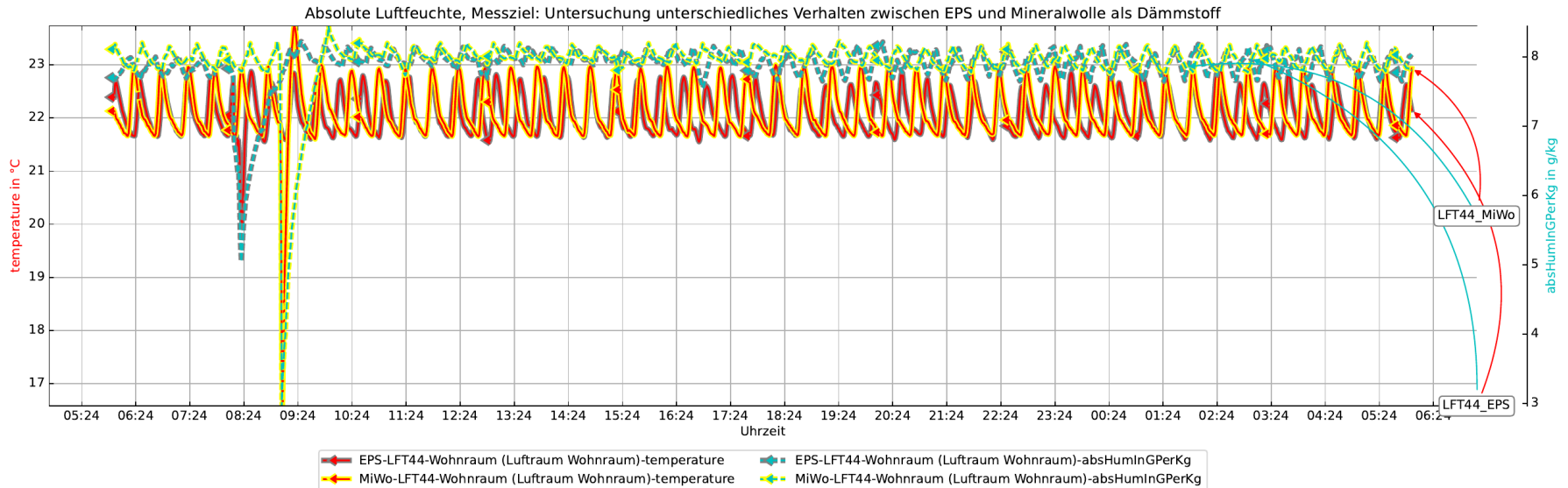


K2
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Vergleich Randbedingungen MiWo und EPS: Temperaturen und Feuchten im Wohnraum

noKompartiment
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

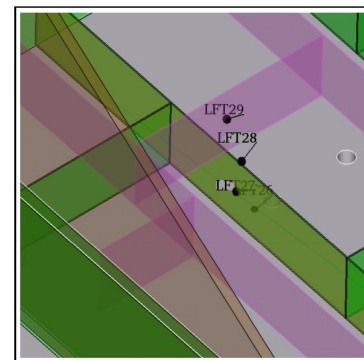
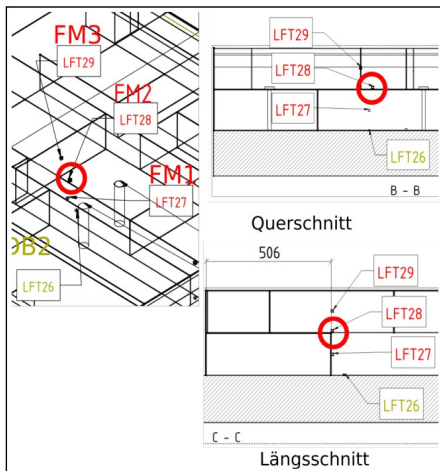
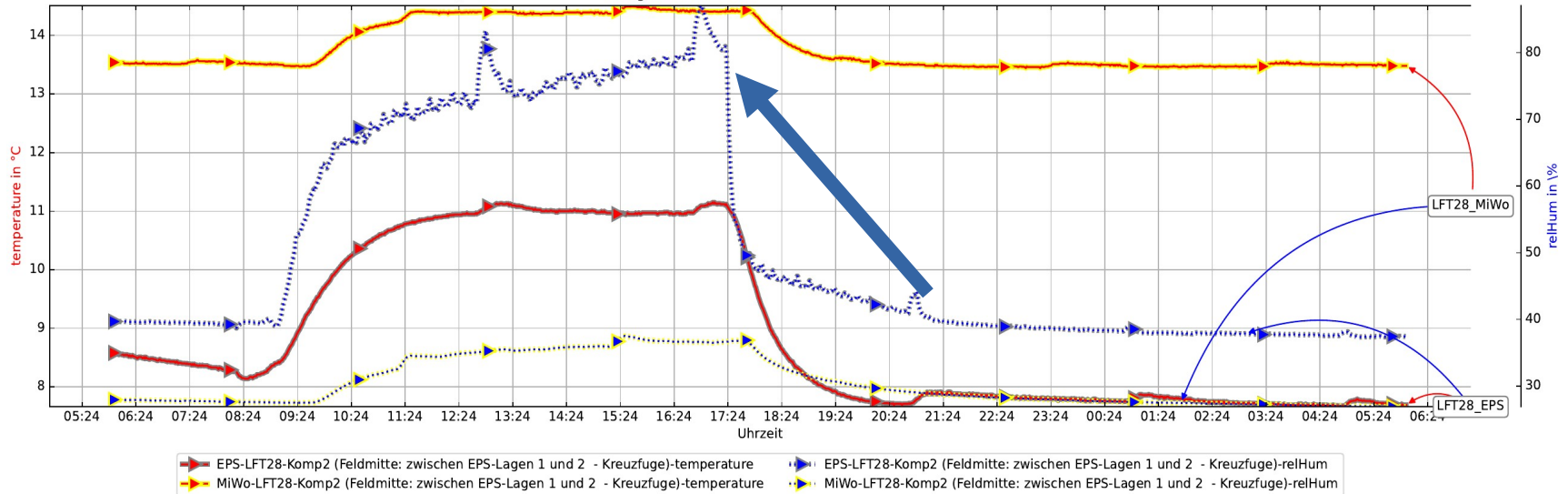


Sensoren in Feldmitte und nahe der Mauerbank

Sensor LFT028 (Feldmitte Kompartiment 2) - relHum

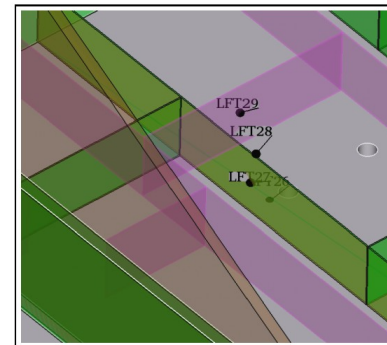
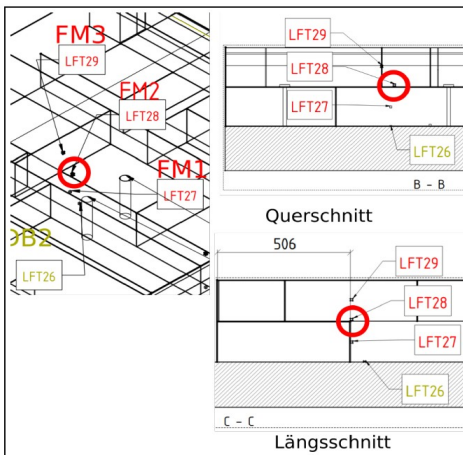
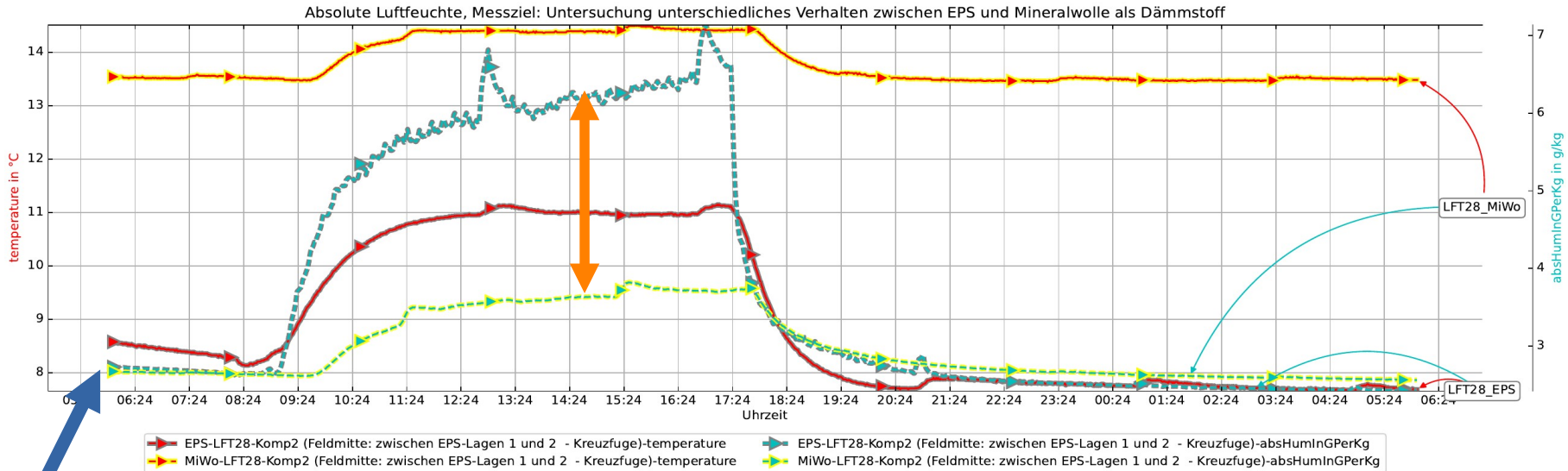
K2
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

Relative Luftfeuchte, Messziel: Untersuchung unterschiedliches Verhalten zwischen EPS und Mineralwolle als Dämmstoff



Sensor LFT028 (Feldmitte Kompartiment 2) - absHum

K2
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Sensor LFT05 (bei MbK Kompartiment 1) - relHum

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

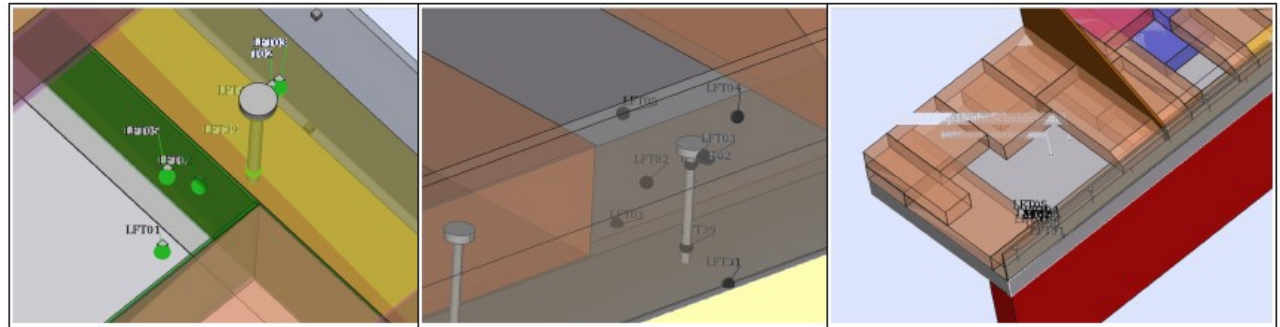
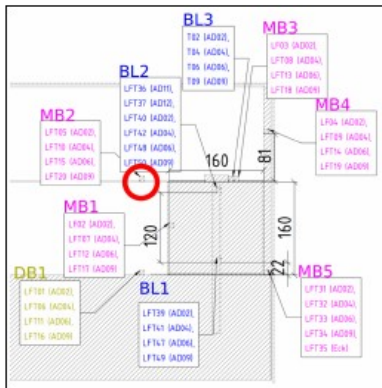
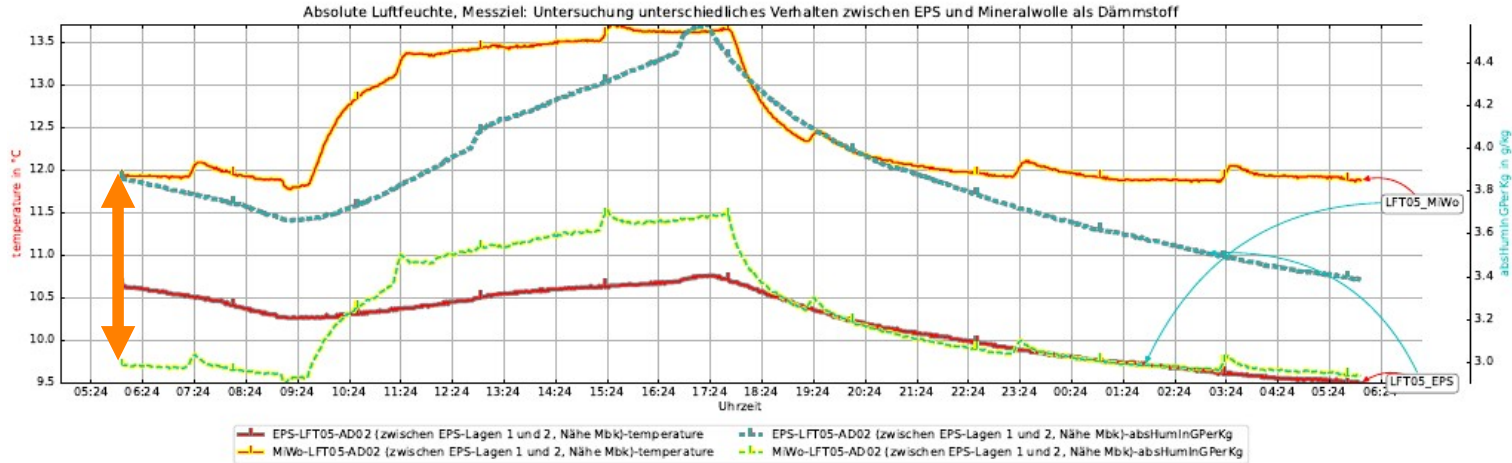
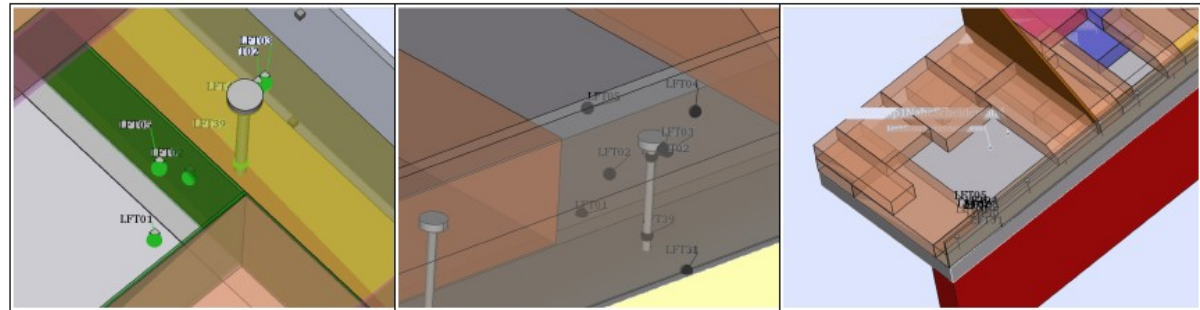
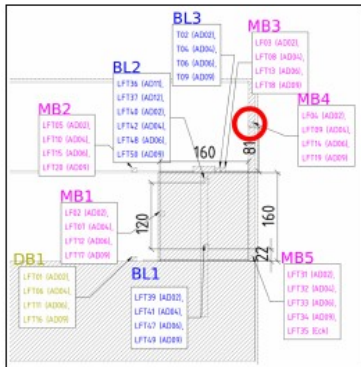
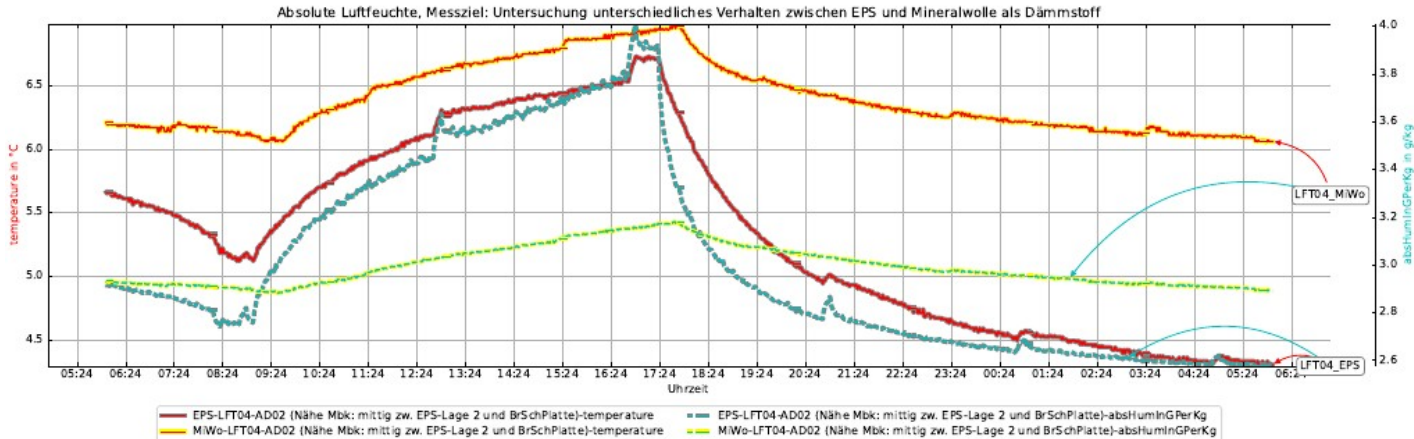


Abb. 4.124: Sensor: LFT05, bei Ankerdorn 2, zwischen EPS (Lage 1) und EPS (Lage 2), Absolute Luftfeuchte in g/kg

Sensor LFT04 (bei Brandschutzplatte Kompartiment 1) absHum

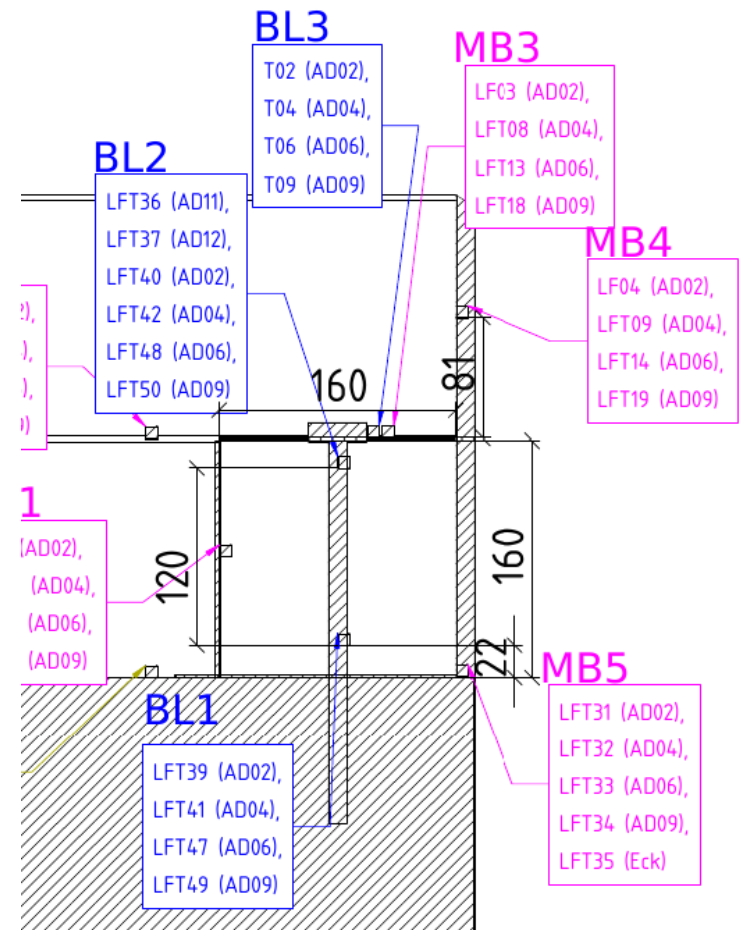
K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Von Leckage weit entfernt und bei EPS trotzdem rascherer Feuchteanstieg. → Kanalisierungswirkung des Fugennetzes

Sensoren in Bohrlöchern

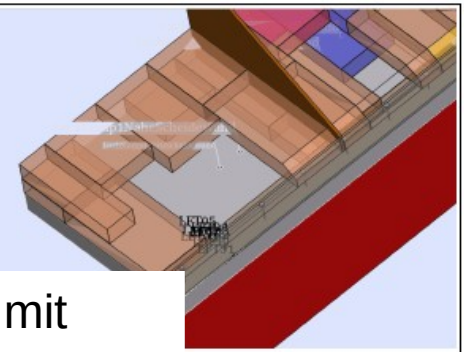
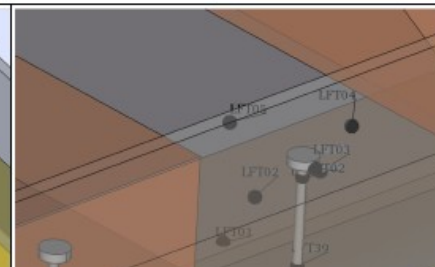
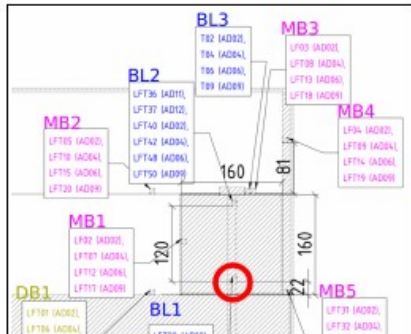
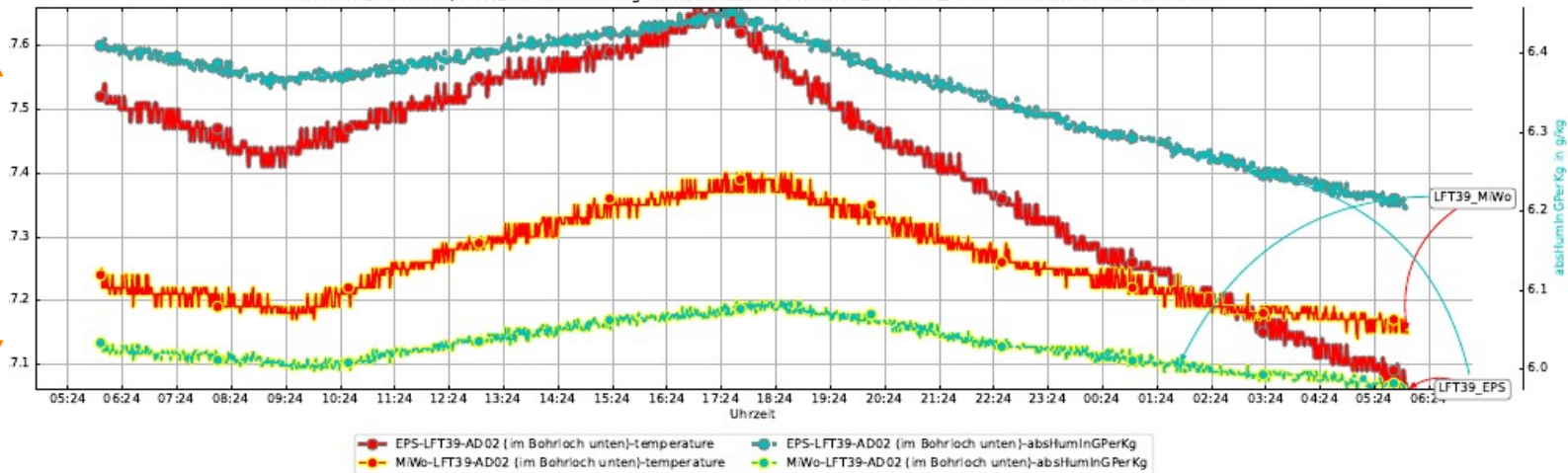
- Sensoren im Bohrloch an Positionen „oben“ und „unten“
- Feuchteverlauf in den Bohrlöchern korrelierte zeitlich - im großen und ganzen - mit der externen Druckdifferenz
- bzw. qualitativ mit dem Verlauf der Sensoren in der freien Fläche.



Sensor LFT 39 (Bohrloch unten) - absHum

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

Absolute Luftfeuchte, Messziel: Untersuchung unterschiedliches Verhalten zwischen EPS und Mineralwolle als Dämmstoff

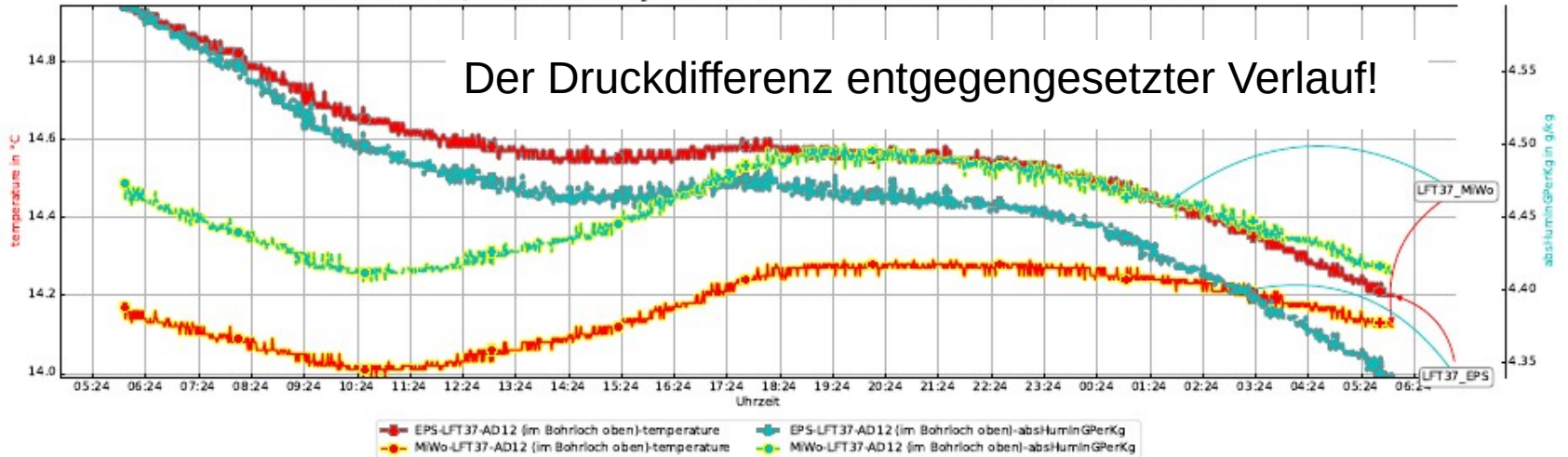


Flachere Verläufe in Bohrlöchern (weniger Konvektion, Loch mit Beilagscheibe gedeckelt)

Sensor LFT 37 (Bohrloch oben) - absHum

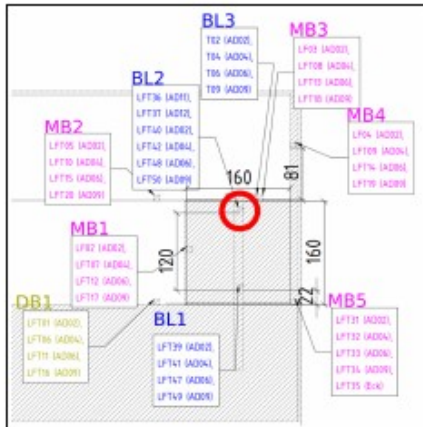
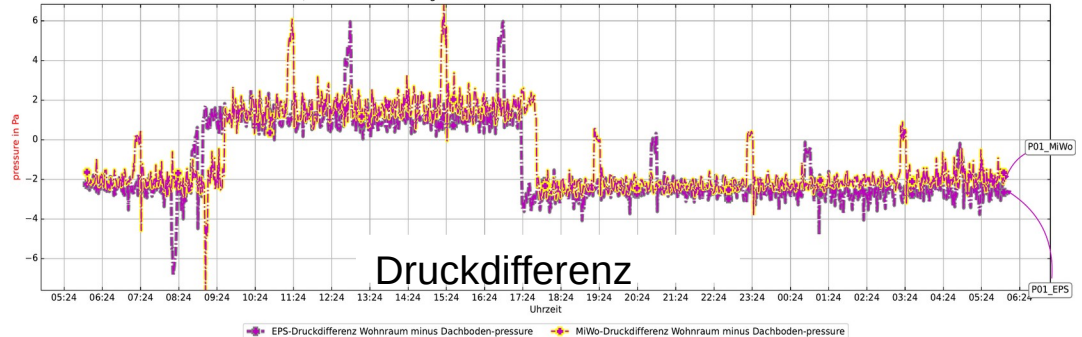
K2
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MIWo: MIWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

Absolute Luftfeuchte, Messziel: Untersuchung unterschiedliches Verhalten zwischen EPS und Mineralwolle als Dämmstoff



K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 5 cm, Lochdurchmesser: 3.5 mm, // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MIWo: MIWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 5 cm, Lochdurchmesser: 5 mm, // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

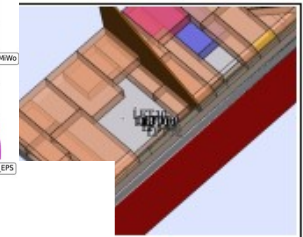
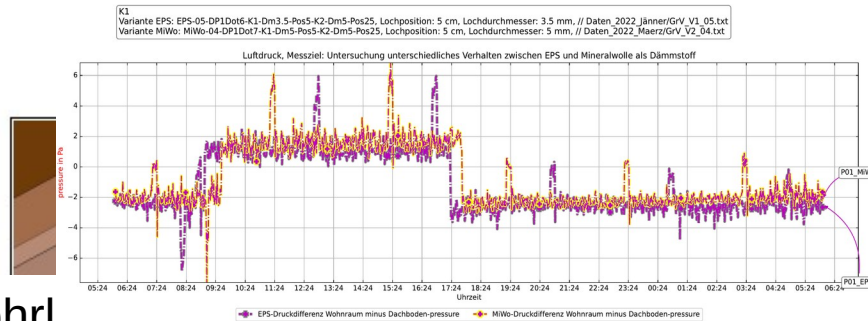
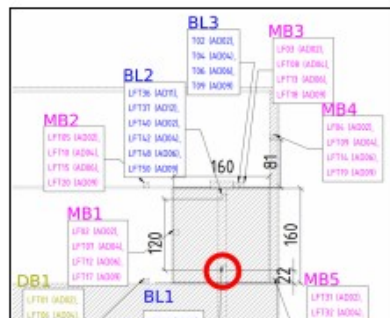
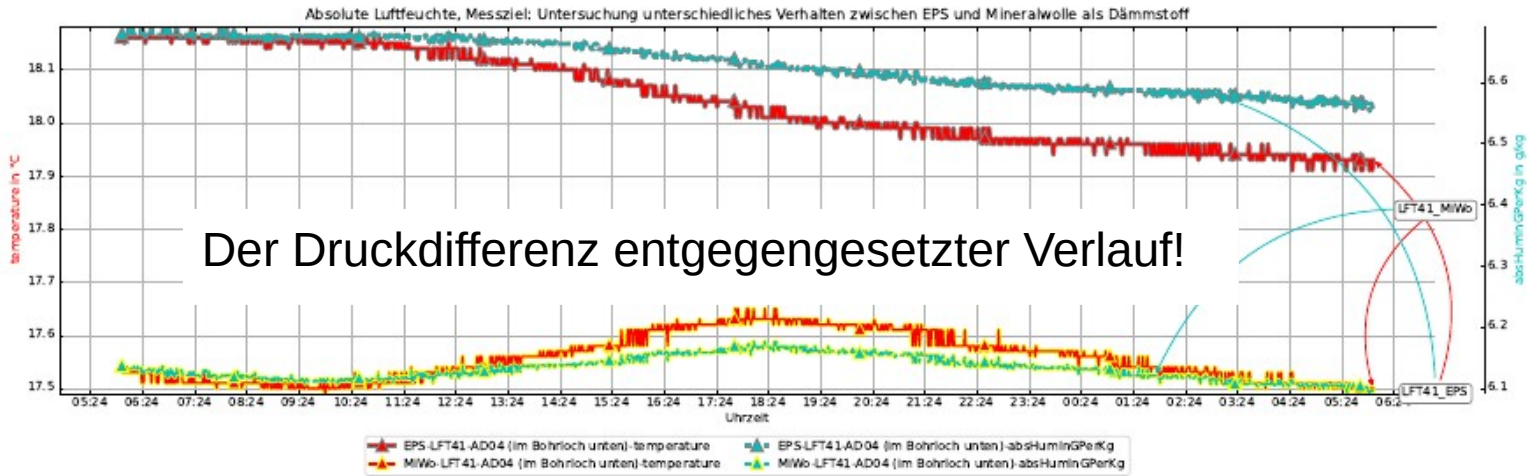
Luftdruck, Messziel: Untersuchung unterschiedliches Verhalten zwischen EPS und Mineralwolle als Dämmstoff



F

Sensor LFT 41 (Bohrloch unten) - absHum

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



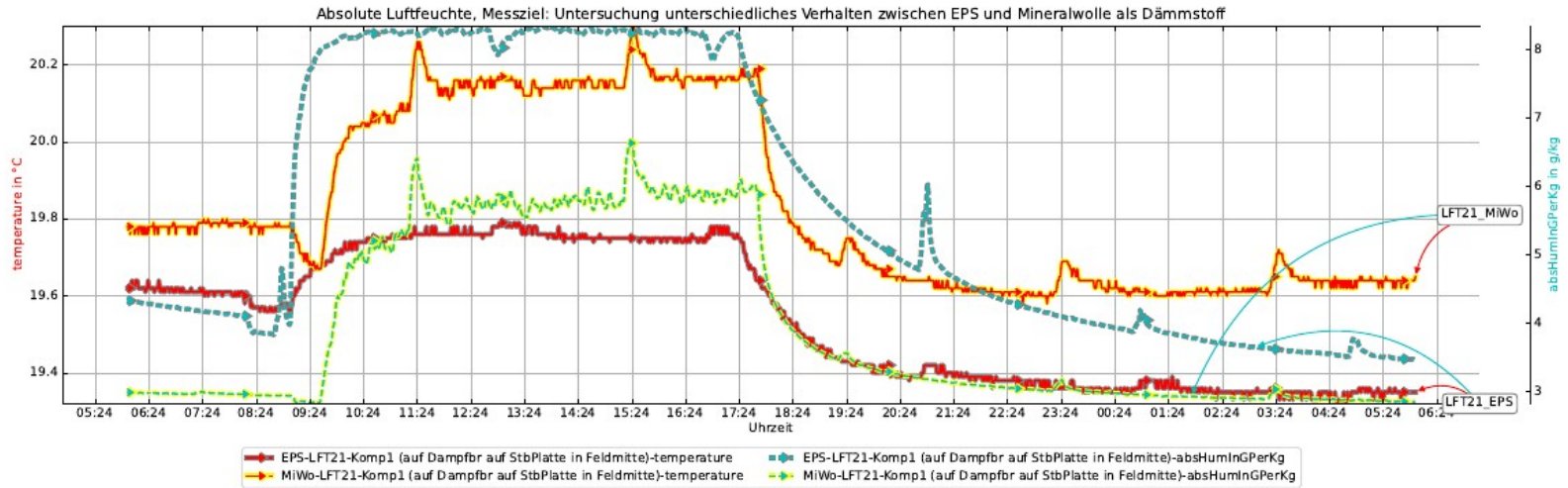
Flachere Verläufe in Bohrlochern (MiWo)

Druckdifferenz

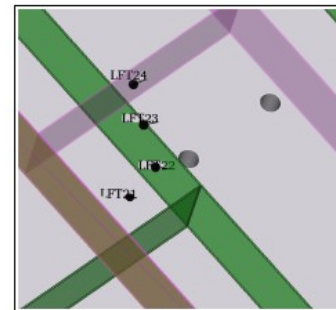
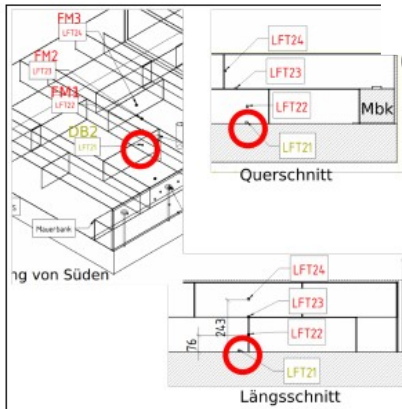
Sensoren auf Stahlbetonoberseite

Sensor LFT 21 (Feldmitte zwischen EPS-Lage 1 und Folie) - absHum

K1
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MiWo: MiWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt

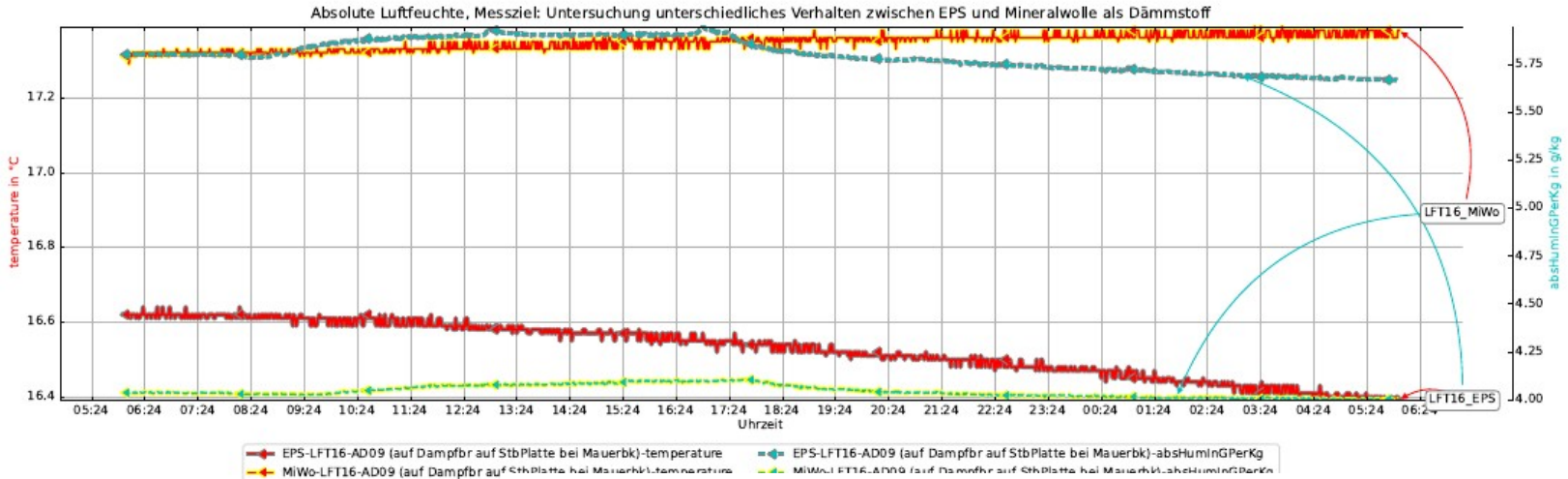


Nahe bei Leckage, vgl. Temperaturänderung durch Konvektion mit nächster Folie



Sensor LFT 16 (Feldmitte zwischen EPS-Lage 1 und Folie) - absHum

K2
 Variante EPS: EPS-05-DP1Dot6-K1-Dm3.5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Jänner/GrV_V1_05.txt
 Variante MIWo: MIWo-04-DP1Dot7-K1-Dm5-Pos5-K2-Dm5-Pos25, Lochposition: 25 cm, Lochdurchmesser: 5 mm // Daten_2022_Maerz/GrV_V2_04.txt



Weit von Leckage, geringere
 Temperaturänderung durch Konvektion

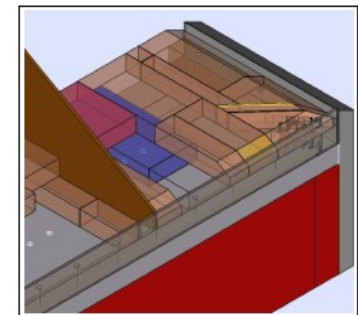
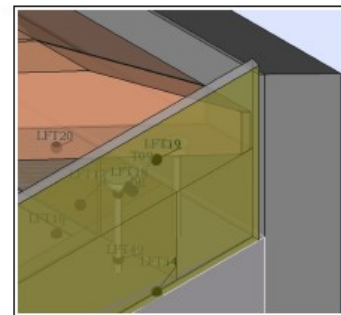
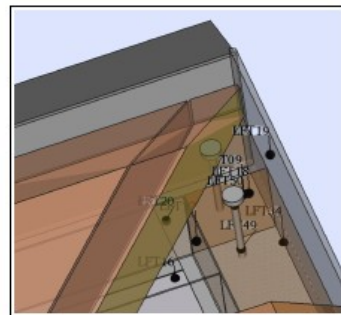
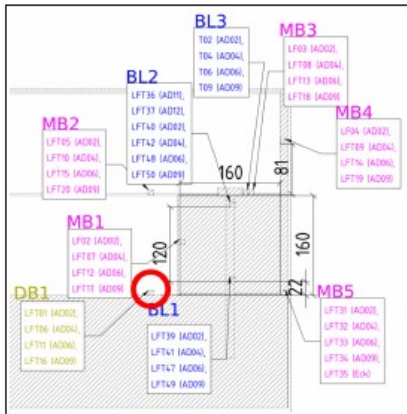
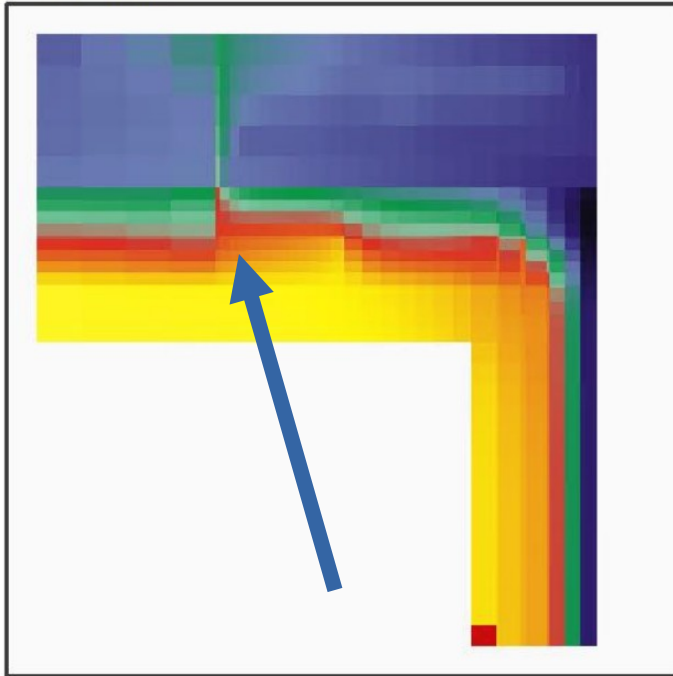


Abb. 4.186: Sensor: LFT16, bei Ankerdorn 9, zwischen Folie und EPS (Lage 1), Absolute Luftfeuchte in g/kg

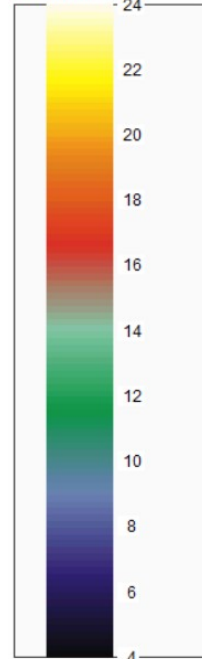
Hygrothermische Simulation mit HAM4D_VIE

XZ-Schnitt Schichte: 6

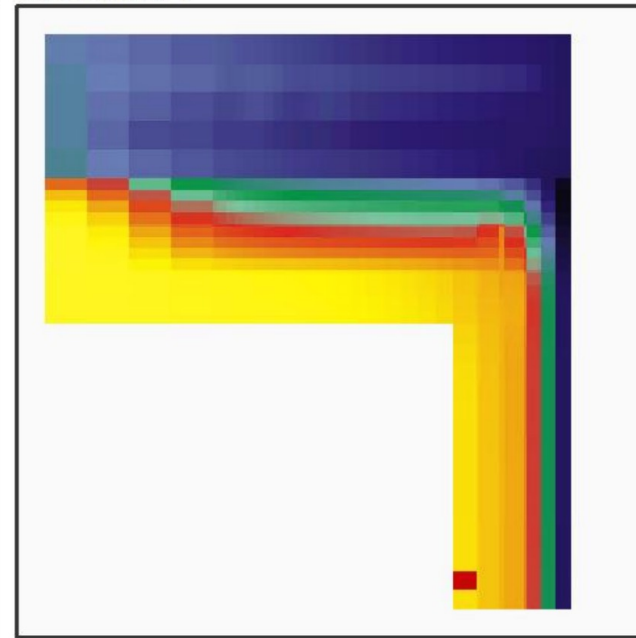


Temp. EPS mit Leckage

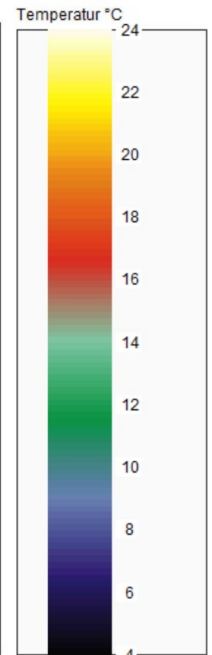
Temperatur °C



XZ-Schnitt Schichte: 6

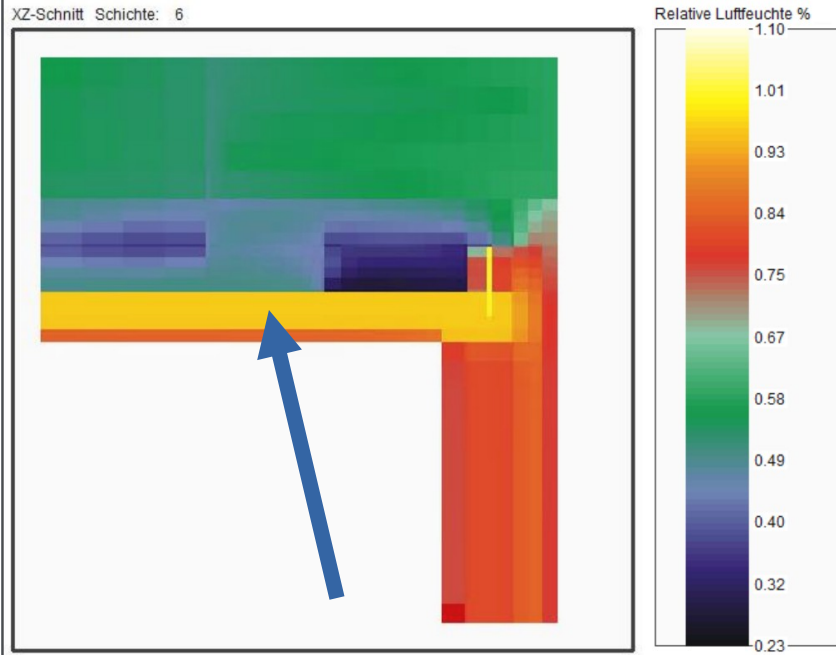


Temp. MiWo mit Leckage

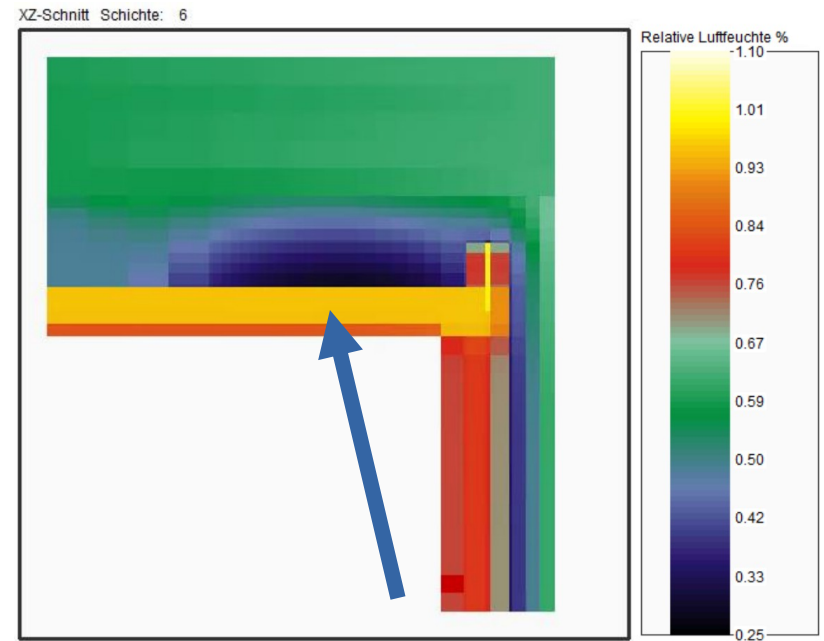


EPS: Luftstrom lokal verengt und weiter in den Dachraum gelangend (Kanalwirkung Fugennetz
→ "Wärmefontäne" in Darstellung)

HAM-Simulation EPS versus MiWo: Relative Luftfeuchte



RelHum EPS mit Leckage



RelHum MiWo mit Leckage

EPS: Bereich um Leckage feuchter (grüner) als bei Miwo (blau)

Fazit

- Deutliche Auffeuchtung, wenn über Fugen warmfeuchte Luft über Loch/Dampfbremse nach oben in den kalten Bereich strömen kann.
- Bei geringen Leckagen und Luftdruckdifferenzen zwischen ca. 1 und 4 Pascal steigt die relative Luftfeuchte schlagartig an.
- Ein größerer Lochdurchmesser führt zu einem rascheren Feuchteanstieg
- Vermutet wird daher, dass **Konvektion** über eine Leckage die Hauptursache des anlassgebenden Realprojekts war.

Fazit – Mineralwolle bezüglich Konvektion durch Einzelleckage feuchteteranter

1. Mineralwolle sowohl in Simulation als auch im Versuch feuchteteranter als EPS: relative Feuchte stieg bei vergleichbaren Verhältnissen rund um die Leckage bei Mineralwolle deutlich geringer an.
2. *Vergleichbare Verhältnisse*: Gleiche Messtelle, gleiche Leckagegröße, ähnliche Druckdifferenz zwischen Wohnraum und Dachboden, gleiche Dämmdicke.
3. *Vermutete Wirkung*: Der Leckageluftstrom und damit die eingebrachte Feuchte verteilt sich im fasrigen Medium der Mineralwolle räumlich besser. Im Falle von EPS ist Luftstrom auf Fugen konzentriert.

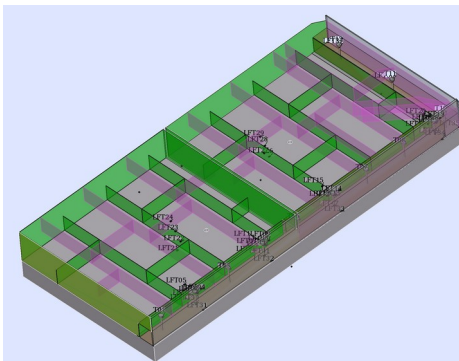
Fazit – Ergebnisse der hygrothermischen Simulation

1. *Feuchte- und Temperaturverlauf* wurde für einen Ausschnitt des Versuchsaufbaus für den Fall EPS qualitativ *simuliert* (Anstiege und Abfälle der Feuchte).
2. *Publikation* erfolgte 2022 (Sarkany et. al).
3. *Methode der hygrothermischen Simulation* für Luftströmungen entlang von Fugen *verbessert*.
4. *Geometrie* bei plattenartigen Dämmstoffen ist Hürde in Planung, Modellierung und sowie Darstellung, Interpretation und Kommunikation der Ergebnisse.

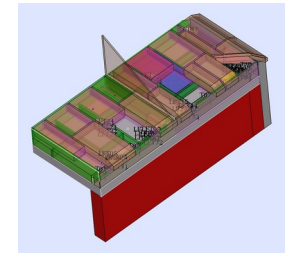
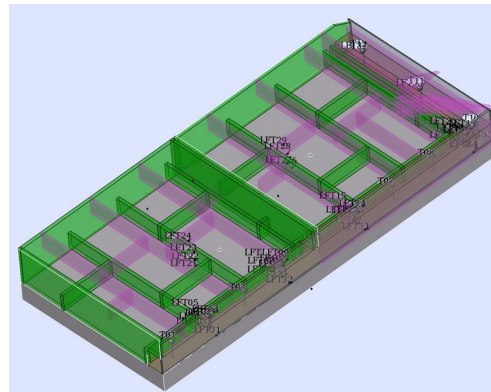
Fazit – Ergebnisse der hygrothermischen Simulation

1. Im Projekt wurde eine Methode entwickelt, die Feuchteverhältnisse als Ergebnis der Simulation *dreidimensional darzustellen*.
2. Das gesamte Modell ist *geometrisch parametrisiert* und in *Teilmodelle* zerlegt, z. B. kann die Fugendistanz zentral verändert werden → eine Hilfestellung für weitere Simulationsvarianten

3mm Fuge



Nach “Knopfdruck”: 30mm Fuge



Fazit – reine Hypothesen speziell zu Feuchte bei Bohrlöchern

- Beschriebenes Phänomen der Auffeuchtung speziell an Ankerstangenköpfen nicht beobachtet/geklärt
- Mögliche „Trichterwirkung“ (bekannt aus Estrichschäden)
- sd-Wert Dampfbremse hoch aber Folie am Rand im Luftverbund mit Mauerbank und Bohrloch.
- -> Diffusion über dünne Luftschichte aus der Fläche in das Bohrloch
- Ggf. doch Feuchte über die Fassade? (Flankenweg über das WDVS)

■ Siehe auch separates .pdf

Verarbeitungshinweise / Wartungshinweise

Mauerbank auf zweilagig/mehrlagig EPS-gedämmter Stahlbetondecke in Dachboden, Außenwand aus Hochlochziegelmauerwerk mit WDVS

Angaben stützen sich auf Experimente, hygrothermische Simulationen, allgemein anerkannte Regeln der Technik, eine Literaturstudie und Expertengespräche. Das zugrundeliegende Projekt wurde seitens der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gefördert.

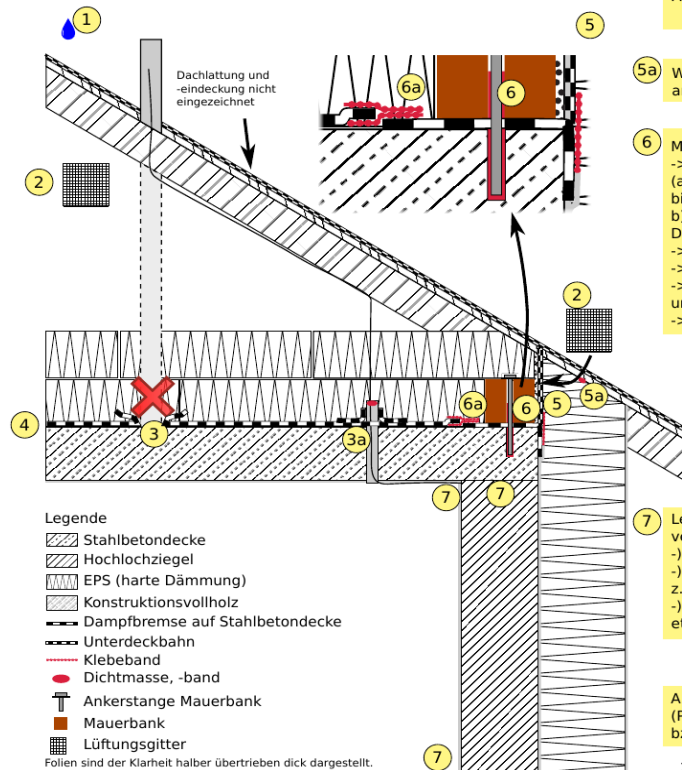
- 1 Witterungsschutz:
Dampfbremse auf Stahlbetondecke in der Fläche erst nach Herstellen der Regensicherheit des Dachstuhls verlegen. Dämmung jedenfalls nicht auf augenscheinlich nasse Dampfbremse verlegen. Allenfalls Trocknung abwarten ggf. künstlich trocknen.
- 2 Ausreichende Belüftung des Dachraumes über vergitterte, kontrolliert plazierte Zu- und Abluftöffnungen (Giebel->Giebel oder Traufe->First). Flugschnee- bzw. Niederschlageneinwirkung und Brandschutz beachten.

Bemessungsausformel freier Gesamtströmungsquerschnitt (Achtung auf Produktspezifikationen von Gittern) 1/300 bis 1/150 der Dachbodennettobodenfläche

Fassadeninstandhaltung:
Keine spätere Verringerung des freien Belüftungsquerschnitts durch Anstriche, Putzarbeiten etc., -> bei Wartungsarbeiten reinigen
- 3 Achtung auf lokale Beschädigungen der Dampfbremse! Sie sind nach Ausführung der Dämmung verdeckt.

Beispiel:
Temporäre Justierstützen für SAT-Schüsseln zerreißen an der Aufstandsfläche durch Drehen die Dampfbremse. -> Harte Unterlage als Auflager verwenden. Prüfen, ob thermische Trennung von Stahlbeton notwendig ist.
- 3a Beschädigungen nachträglich mit gleichem Material
Durchdringungen:
Alle Durchdringungen der Stahlbetondecke (z. B. Strangentlüftung, SAT-Kabel) luftdicht abdichten: Ringspalt zwischen Hüllrohr und Beton sowie das Rohrinne selbst. Dichtung z. B. mit Manschetten oder Vergussmasse auf Schalung
- 4 sd-Wert der Dampfbremse > 100m

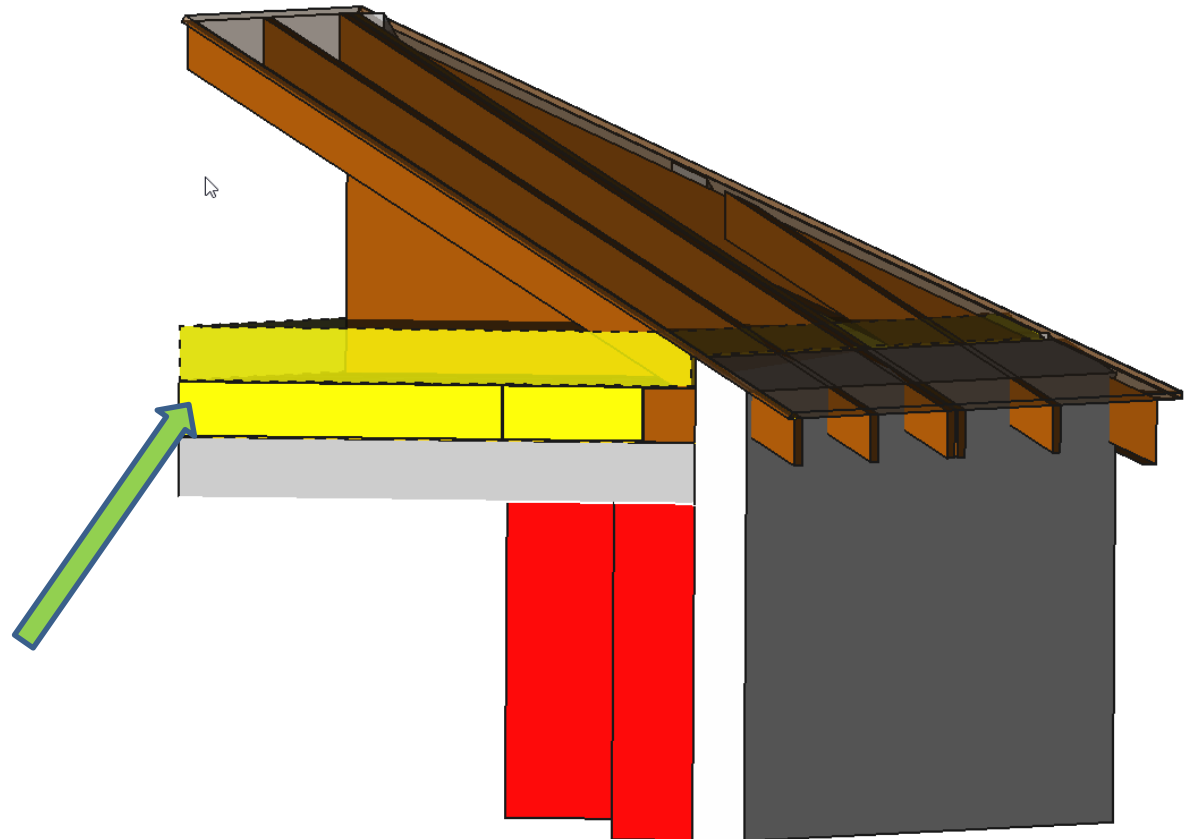
Dampfbremse auf Stahlbetondecke nicht bis zum Deckenrand führen sondern mit separatem Dampfbremsenstreifen, der unter der Mauerbank liegt, verkleben. Kein durchgängiger Luftverbund unter der Dampfbremse bis unter die Mauerbank, siehe Punkt 6b.



- 5 Winddichte Ebene:
Unterdeckbahn entlang Traufenbrett/ Abschlussplatte herunterziehen und luftdicht auf verlorener Deckenschalung, Traufenbrett etc. verkleben.
Mit Kleberschicht WDVS einputzen.
Achtung auf Materialverträglichkeit (Putz-<->Kleber-<->WDVS).
- 5a WDVS mit Kompriband oder gleichwertig hinterströmungssicher an Dachschalung und Stichsparren anschließen
- 6 Mauerbank verankern:
-> In ausreichend ausgehärteter Stahlbetondecke Löcher vorbohren
(a) Mit bereits aufgelegter Mauerbank durch Holz mit Holzbohrer bis knapp vor Deckenoberkante, dann Betonbohrer oder
b) vorher anzeichnen und separates Bohren von Mauerbank und Decke
-> Kleber in Bohrloch eindrücken
-> Ankerstange nachdrücken
-> Kleber wird wenige Zentimeter in das Bohrloch hochgedrückt und verschließt es so luftdicht.
-> Nach ausreichender Kleberhärtung mit Mutter verschrauben.t
- 6a Mauerbank feuchtechnisch trennen:
Holz von Stahlbetondecke durch separaten Streifen aus Dampfbremse, sd>100m trennen. Ausreichenden Überstand auf beiden Seiten vorsehen. Überstände a) auf der Decke luftdicht abkleben und b) an Deckenstirn herunterziehen und luftdicht abkleben.
- 7 Leckagen über das Luftnetzwerk des Hochlochziegelmauerwerks vermeiden.
-) Rissfreier, durchgängiger Innenputz bis auf jeweilige Rohdecke
-) Abdecken der Mauerkrone vor Betonieren der Decke , z. B. mit Flämmappe.
-) Luftdichte (Elektro)installationen etc.

Alle Klebebander vor Verwendung auf Eignung prüfen (Produktdatenblatt/Herstellerangaben bzw. evtl. eigene Haftzugversuche)

- Diffusionsoffene Dämmung (Miwo, Zellulose), weil toleranter gegenüber Leckagen



Highlights aus dem Literaturreview

- Unzureichende Lüftung wird generell als Risiko eingeschätzt
- Feuchte kann im Sommer – v. a. in klarkalten Nächten – durch Lüftung auch eingetragen werden. Dann ggf. auch Feuchtefalle durch Aufsaugen durch Holz
- -> "Luxus"-Variante: Feuchtegesteuerte Lüftung
- Außerdem: Flugschnee und Brandschutz müssen im Auge behalten werden

Unterschiedliche Skalierung der beiden y-Achsen beachten!

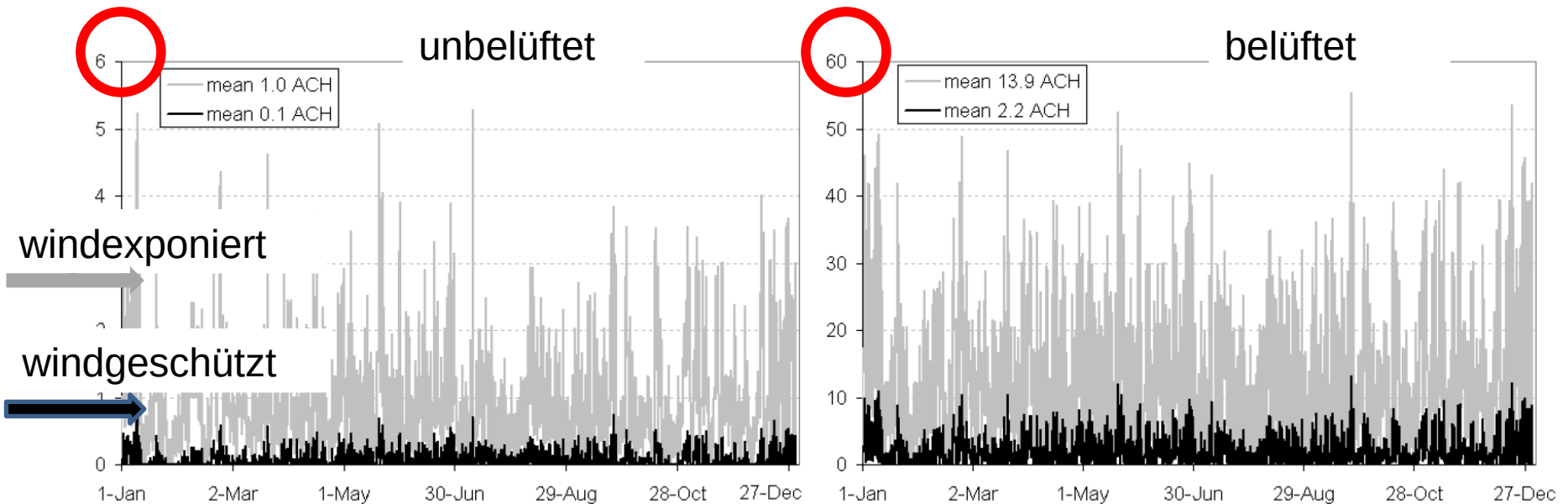


Figure 2: The diagram to the left shows the ventilation air change rates of the unventilated attic for the house in open position to the wind (the gray line) and in closed (city) position to the wind (the black line). The diagram on the right shows the same for the ventilated attic.

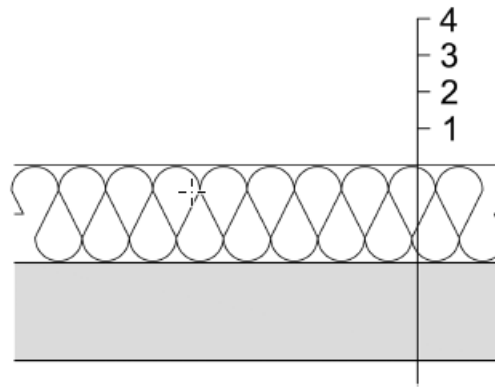
Quelle: Kalagasidis and Mattsson (2014). Modelling of moisture conditions in a cold attic space

Was sagt die Norm zu Dämmung auf Stahlbetondecke in unkond. Dachboden?

- Keine Dampfbremse erforderlich, wenn weiche Dämmung

8.5.1 Massive Decken mit Wärmedämmung

Für den Fall, dass die Kriterien an die Bauteilschicht (siehe [Bild 23](#)) nicht eingehalten werden, ist der Nachweis nach [Abschnitt 10](#) zu führen.



Legende:

- 1 Innenputz, Spachtelung (bei Sichtbeton optional)
- 2 Deckenbildner (Beton, Ziegeldecke, Leichtbeton, Porenbeton, Brettsperrholz)
- 3 Dämmstoff
- 4 belüfteter Dachboden

ÖNORM 4119:2018 (Unterdach, -deck/spannbahnen) zur Dachbodenbelüftung

- Unkonditionierte Dachböden sind zu belüften, aber ...
- ... keine Angabe über eine Mindest- Maximalgröße der Öffnungen
- In Dänemark und USA: Faustformel für freien Querschnitt: $1/300$ der Nettobodenfläche des Dachbodens.

- Welche bauphysikalischen und tragwerksplanerischen *Anforderungen* werden an den Anschluss gestellt?: Luftdichtheit, Brandschutz, Wärmeschutz, Schallschutz
- Gibt es bereits a. a. R.d.T. zum Anschluss (z. B. Anhänge, Beiblätter von Normen, Richtlinien, Merkblätter etc.)?
- Welche relevanten *Verarbeitungsrichtlinien* gilt es zu beachten (z. B. fettfreier, trockener, staubfreier Untergrund, Haftbrücke Herstellen, Mindestverarbeitungstemperatur, maximale Bewitterungsdauer etc.)
- Maßstäbliche *Detailzeichnungen* des Anschlusses im Horizontal- und Vertikalschnitt, ggf. auch Ansichten. Klare Bezeichnung, welche Bauteile am Anschluss aneinander stoßen.
Materialkennwerte für alle Komponenten des Anschlusses.

- Gibt es im Anschluss Teile, die *feuchteempfindlich* sind (verrottbar, korrosionsgefährdet, chemisch reaktiv, quell-/schwindfähig)
- Risikobeurteilung für den Fall des Versagens von Teilen des Funktionsumfangs des Anschlusses in Bezug auf die Anforderungen
- Immer mit Konvektion modellieren (welche markverfügbare Software kann das?)
- Ist *Einbaufeuchte* der Materialien in unmittelbarer Umgebung des Anschlusses festgelegt?

- Welche *Ebenheitstoleranzen* für Oberflächen gibt es, die im Bereich des Anschlusses relevant sind (Luftpfade, Haftung)?
- Welche *mechanischen Belastungen* auf den Anschluss können während der Nutzung einwirken? Sind die anschlussbildenden Materialien *lagegesichert*?
- Wie *dauerhaft* ist der Anschluss? Kann es zu Versprödungen, Verformungen, Abrissen kommen? (Fugen mit Dichtmassen, Anputzleisten etc.)

- Bestehen absehbare baupraktische Hindernisse bezüglich der Herstellung des Anschlusses (z. B. erschwerte Zugänglichkeit)
- Sind die Materialien, die den Anschluss bilden *kapillaraktiv* (kann Flüssigwasser durch Saugen geleitet werden)?
- Besitzt der Anschluss (sofern nicht selbst schon eine Wärmebrücke) in sich weitere *Wärmebrücken* wie vor allem metallische Teile?

- Festlegung des *Klimas/Nutzungsprofils* aller Räume (inkl. Hohlräume), die die Bauteile begrenzen, deren Verbindung der Anschluss darstellt. Können am Anschluss je Temperaturen entstehen, die eine *Eisbildung* bedingen?
- Ist der Anschluss *außenluftberührt*, direkt *Schlagregen* oder *Sonneneinstrahlung* ausgesetzt?
- Sind am Anschluss *Luftdruckunterschiede* zu erwarten (Windeinwirkung, nicht balancierte mechanische Lüftung, große thermische Höhen)

- Grenzt der Anschluss an potentiell *wasserableitende Schichten mit Gefälle* zum Anschluss hin? Dazu zählt z. B. auch eine Dampfbremse, die hinterlaufen werden kann bzw. an der Tropfen abrinnen können, sodass dem Anschluss Wasser zugeführt werden kann.
- Grenzt der Anschluss an *Hohlräume* in Bauteilkonstruktionen? Wie luftdurchlässig sind diese Hohlräume mit Räumen verbunden, insbesondere mit der Außenluft (Umwege mitdenken)?
- Besitzt der Anschluss *Durchdringungen* bzw. Spalten, durch die
 - Luft strömen kann?
 - Wasser geleitet werden kann – kapillar oder als Druckwasser-/Sickerströmung?

- BAC-Arbeit (Fr. Anja Krenn) mit dem *Dämmstoff Jute*, ansonsten gleiches Versuchsetting wie bei Mineralwolle.

- Verknüpfung geometrischer Details (v. a. Fugen) zwischen hygrothermischer Simulation und einem geometrischen BIM-Modell -> Software *SIMULTAN*
- Weiterentwicklung des *Strömungsmodells* über eine *Dissertation* (A. Sarkany)

Danke für das Durchhalten bis hierher