



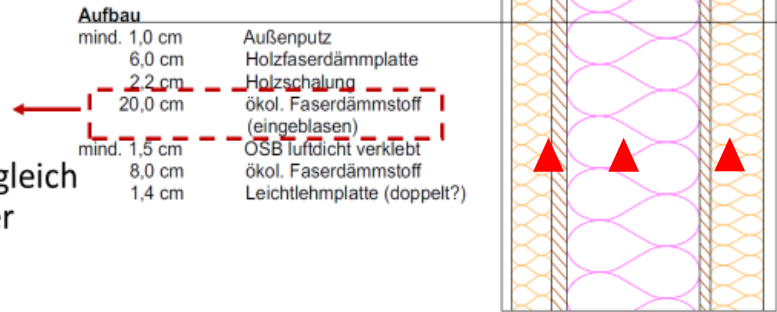
Projektergebnisse natuREbuilt

*Innovationsnetzwerk für regenerative, rezyklierbare, regionale
und resiliente Komponenten im Hochbau*

- **„Stresstest“: Fehlertoleranz von ökol. Dämmstoffen – Prüfstand**
 - Stroh, Zellulose, Schafwolle, Mineralwolle
- **Haus des Lernens**
 - Wärmeleitfähigkeit Stroh (Nadelsondenmessung)
 - U-Wert (Wärmestrommessung)
 - Begrüntes Dach: Feuchtigkeit
- **Zyklamengasse**
 - Wärmeleitfähigkeit nach Wasserschaden (Schafwolle)
- **Wärmeleitfähigkeit verschiedener Einblastechnologien Stroh**
 - Stehend, liegend, recycling
- **Schimmelversuche Dämmstoffe . Brandschutz**

Wandaufbauten

- Zellulose
- Stroh
- Schafwolle
- Mineralwolle
(als Referenz/Vergleich
zu konventioneller
Dämmung)

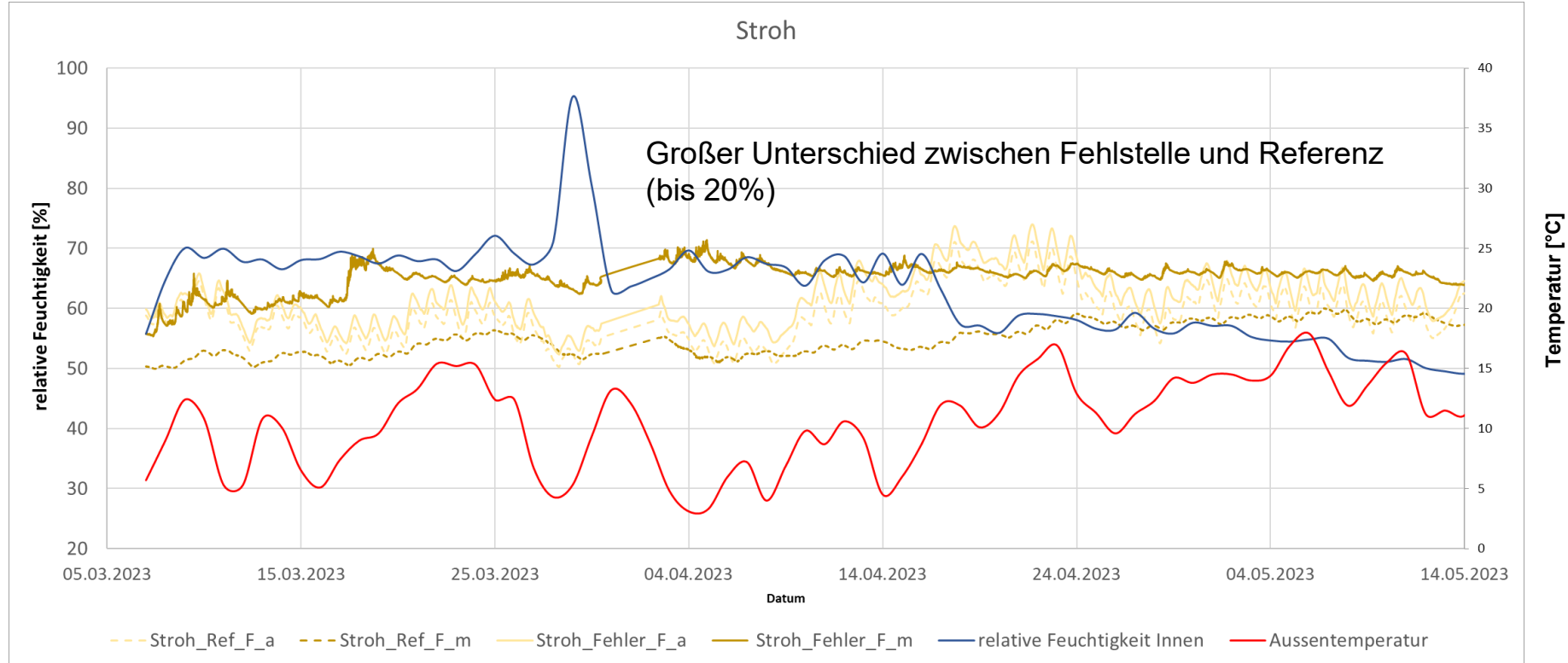


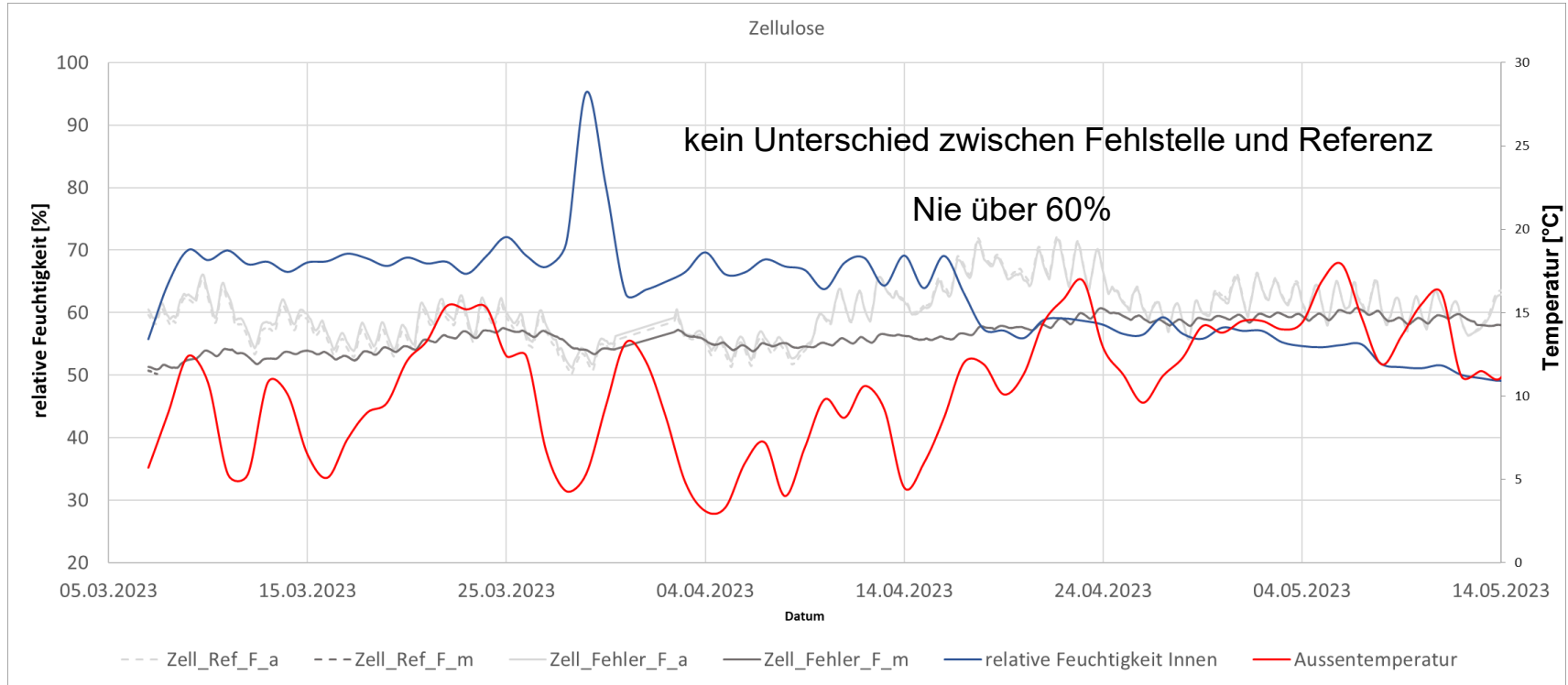
- ▲ Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor, misst alle 5 min
- Hohe Luftfeuchtigkeit im konditionierten Innenraum
 - dauerhaft 60%
 - kurzzeitig 100%
- Überdruckversuche (10 Pa / 40 Pa)
 - mit und ohne Löcher („Fehler“)
 - Löcher mit 1 cm Durchmesser

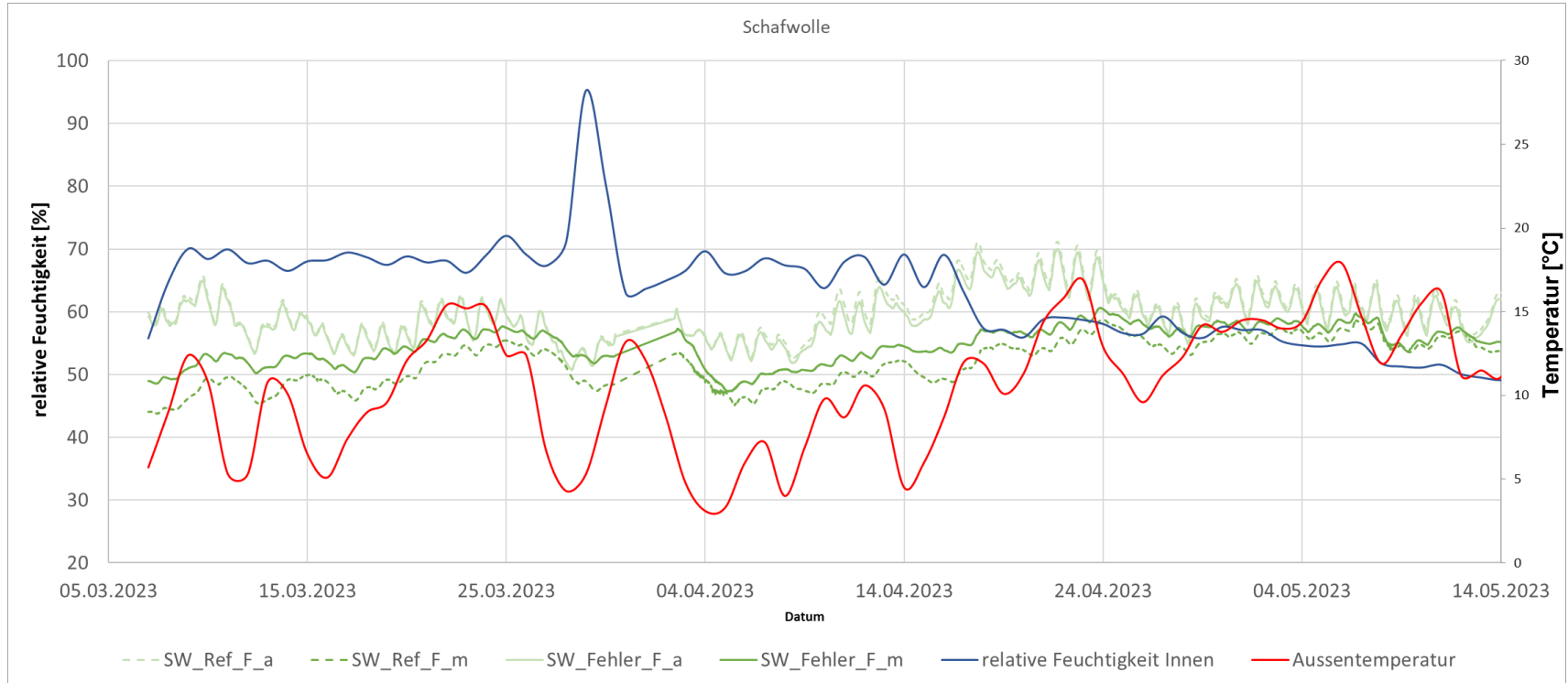


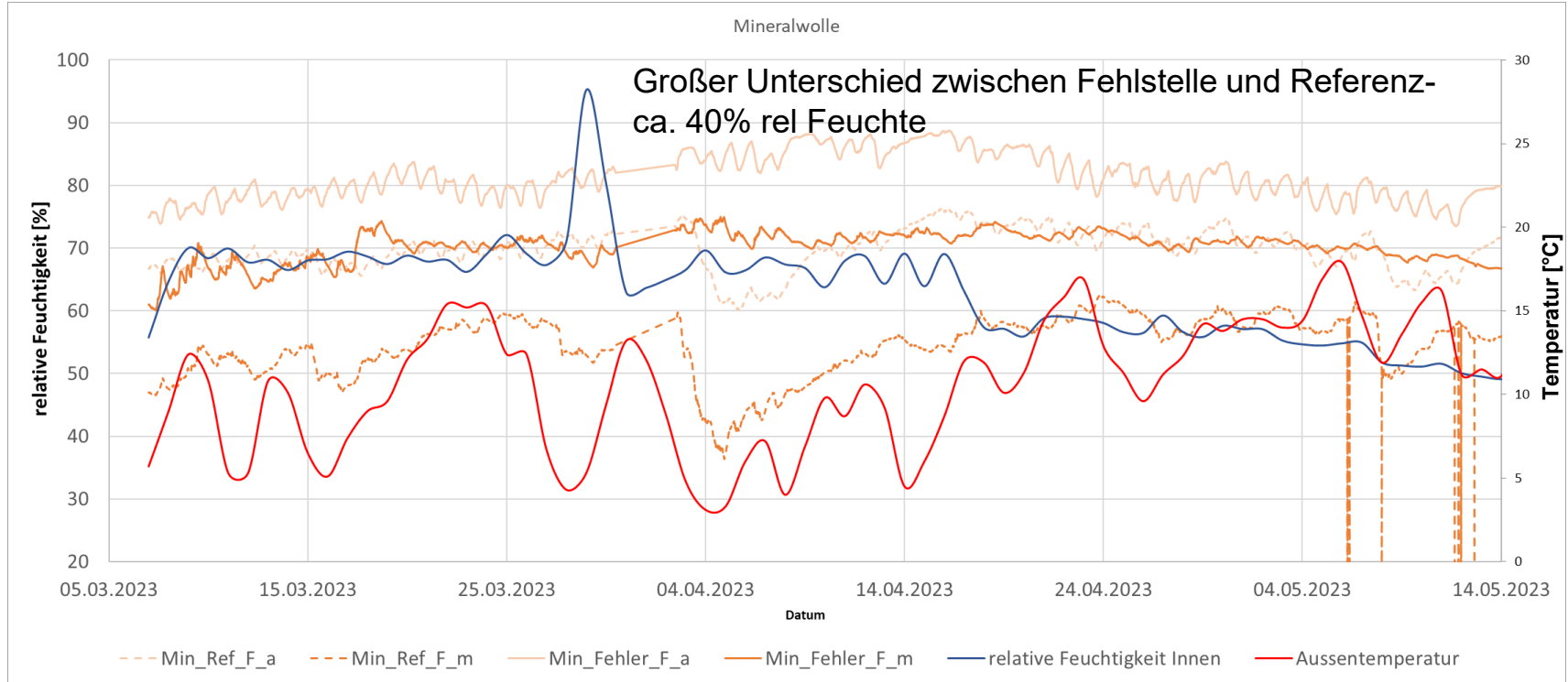
Erste Heizperiode gemessen und ausgewertet

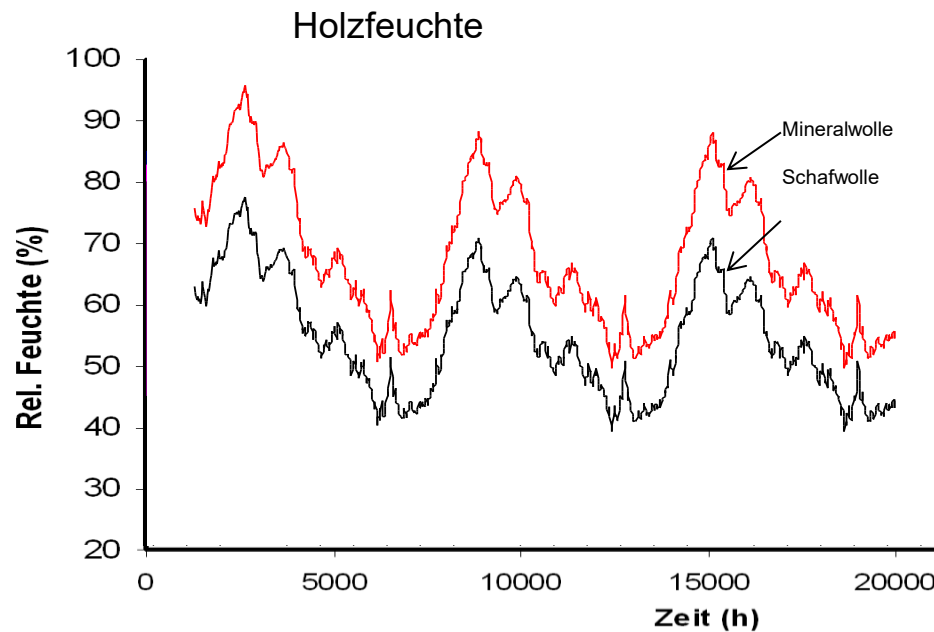
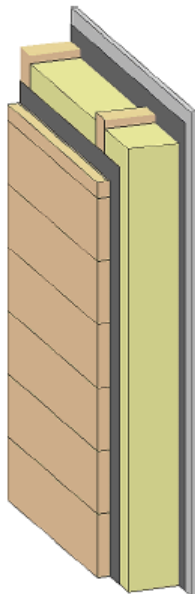
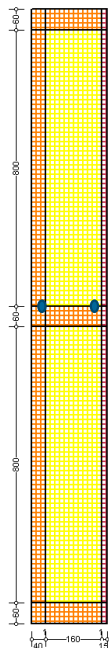
keine signifikanten Unterschiede zwischen Referenz- und Fehlermodul.
Weiter ohne Schafwolle in der Installations-Ebene



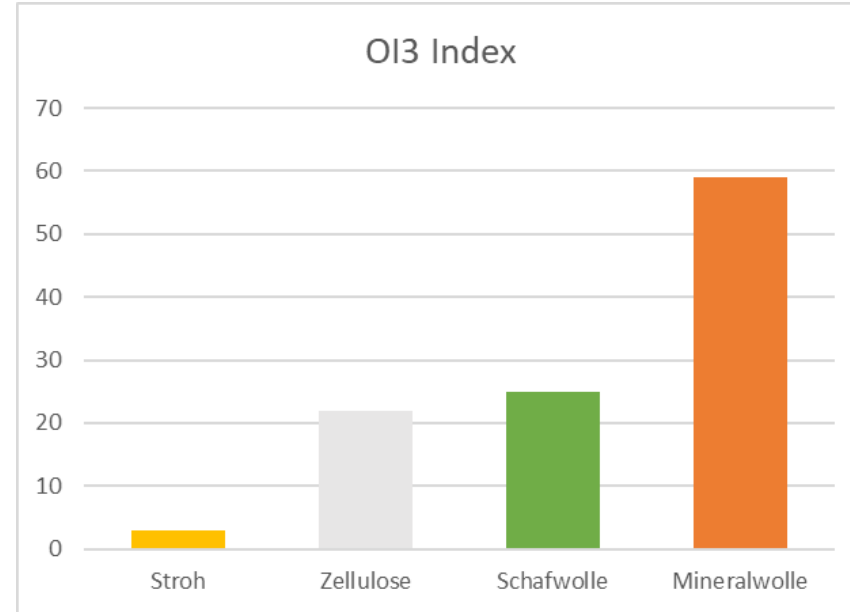








- Fehlertoleranz ist bei ökologischen Dämmstoffen höher als bei Mineralwolle – in Kombination mit Holz (diffusionsoffen)
- Deutlicher Einfluss von Fehlstellen bei Mineralwolle und Stroh
- Schafwolle und Zellulose am „fehlertolerantesten“
- ABER: Stroh übertrifft andere Dämmstoffe hinsichtlich Ökologie



- Außenwand
 - Wärmeleitfähigkeit Stroh
 - U-Wert und Wärmestrom

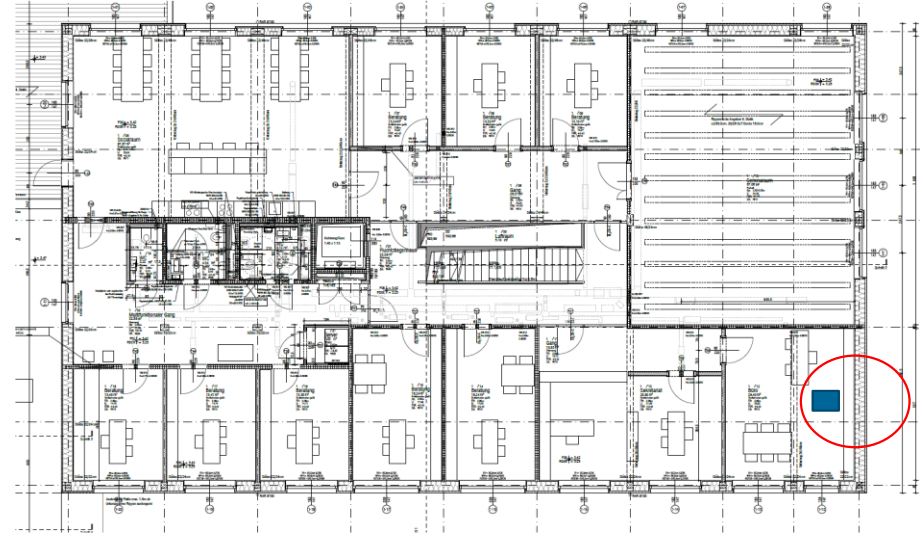
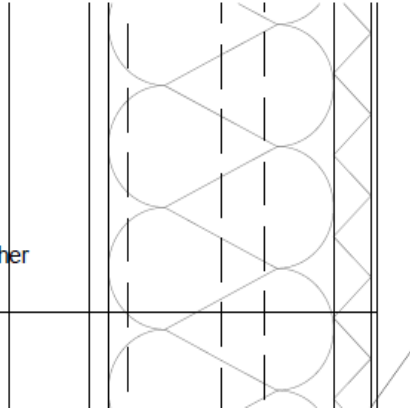
- begrüntes Dach
 - Feuchtigkeit



<https://www.gesa-noe.at/ueber-gesa/haus-des-lernens/>

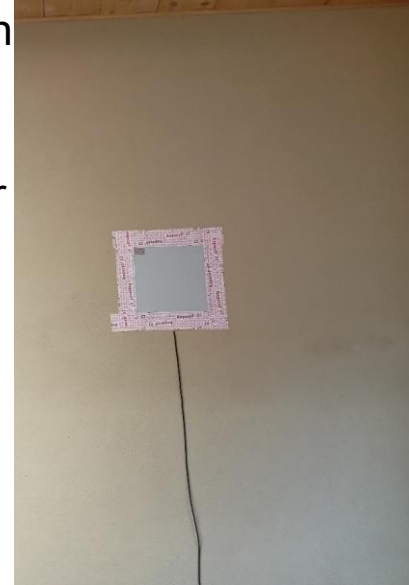
- Messstelle: 1.OG an einer nordseitigen Wand in einem Seminarraum

1,0cm	Außenputz
6,0cm	Holzweichfaserplatte
36,0cm	Strohdämmung / 22/24 Steher
3,0cm	Lehmputz





- Nadelsondenmessung (ca. 2 Monate)
- Direkte Messung der Wärmeleitfähigkeit innerhalb der Dämmung



- Dauerhafte Wärmestrommessung (Winterperiode)
- Messung des Wärmestroms des gesamten Wandaufbaus, danach Berechnung des U-Werts



Wärmeleitfähigkeit λ – Baustrohballen [W/mK]

baubook	0,051
---------	--------------

U-Wert [W/mK]

gemessen mit Wärmestrommessfolie (TU Wien)	0,125
--	--------------

berechnet mit Wärmeleitfähigkeit von Nadelsonde	0,120
---	--------------

Aussenwand Stroh-Holz-Lehm

A-I, Gesamt

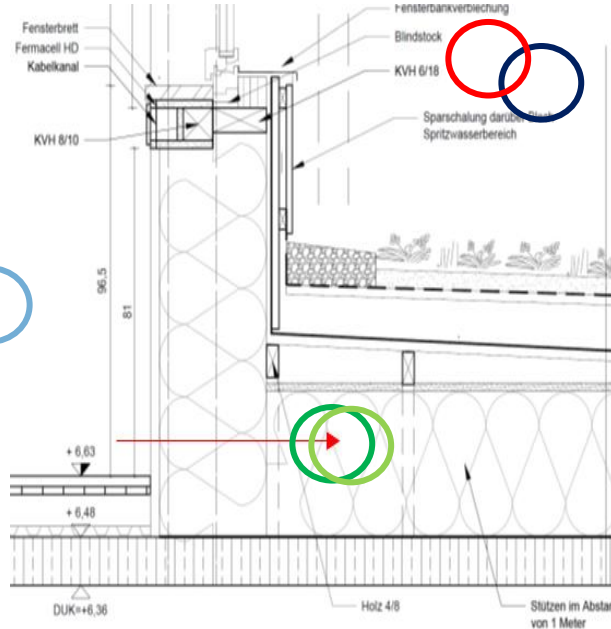
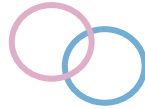
Neubau

	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Silikatputz (ohne Kunstharzzusatz) armiert	0,0100	0,800	0,013
Synthesa Capatect MF-Fassadendämmplatte	0,0600	0,036	1,667
Strohdämmung	0,1800	0,045	8,000
Holz (Fichte, Kiefer, Tanne)	0,1800	0,130	1,385
Strohdämmung	0,1800	0,045	8,000
Synthesa Capatect MF-Fassadendämmplatte	0,1800	0,036	5,000
Lehmputz	0,0300	0,810	0,037
Wärmeübergangswiderstände			0,000
RT _o =9,606 m ² K/W; RT _u =9,127 m ² K/W;			
	0,4600	RT =	9,366
		U =	0,107

Stroh hat die Wärmeleitfähigkeit lt. Baubook (nicht lt. Energieausweis) – Nordseite, inhomogenes Material (nur 1 Messstelle) - Demnach ist der U-Wert eine Spur schlechter als im Energieausweis – klare Werte für verschiedene Strohdämmungen notwendig

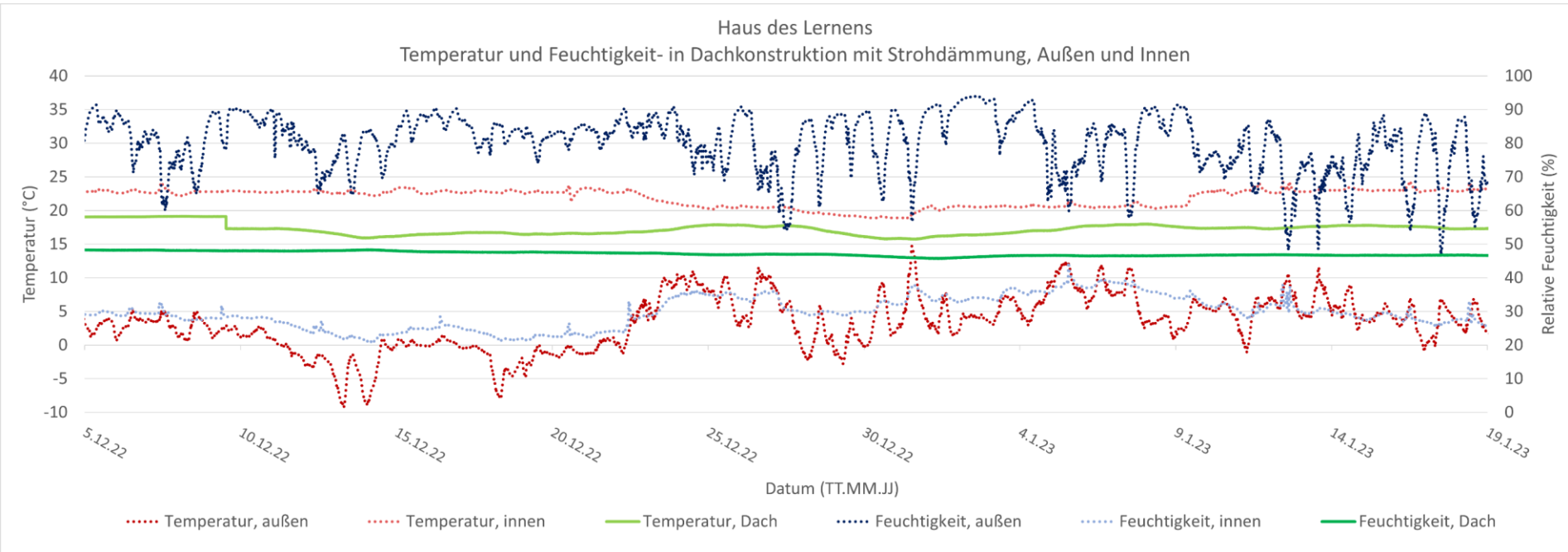
Begrüntes Dach: Feuchtigkeit

- Dachrücksprung
- Strohdämmung
- 2.OG, nordseitig



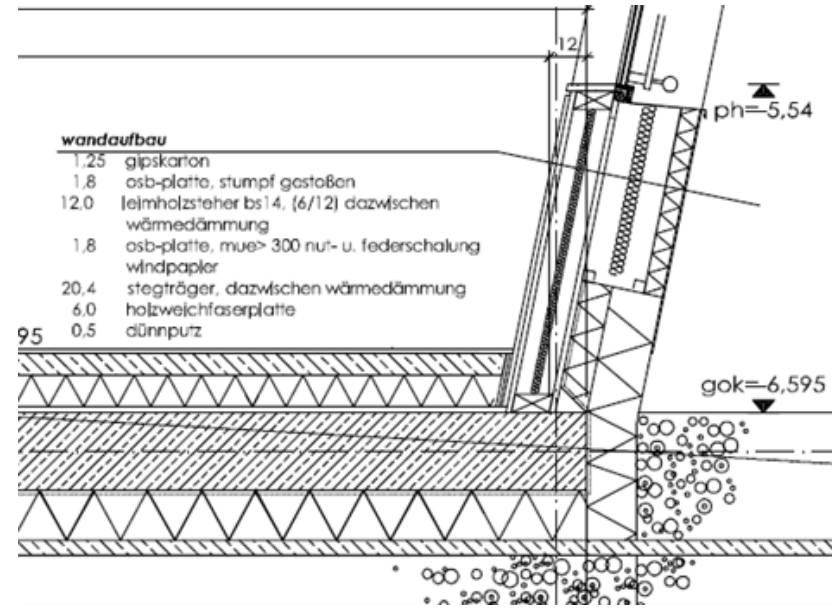
- Temperatur und Feuchtesensoren
 - Innen
 - Außen
 - In der Konstruktion





- Begrüntes Dach ist voll funktionsfähig - keine erhöhte Feuchtigkeit

- WDVS- Schafwolle und Holzfaserdämmplatten
- Wasserschaden



Wärmeleitfähigkeit - Schafwolle

Ort der Messung	Wärmeleitfähigkeit
Messungen vor Ort	
An der Stelle des Wasserschadens 1. Messung	0,046 W/mK
An der Stelle des Wasserschadens 2. Messung	0,044 W/mK
Unbeschädigte Schafwolle	0,045 W/mK
Messungen im Labor	
Schafwolle neben dem Wasserschaden- unbeschädigt, äußere Lage der Dämmwolle	0,040 W/mK
Schafwolle neben dem Wasserschaden- unbeschädigt, innere Lage	0,042 W/mK
Schafwollprobe bei Wasserschaden	0,043 W/mK

- Wärmeleitfähigkeit der Schafwolle hat sich durch den Wasserschaden nicht verändert



Dämmmaterialien

Hanf

Schafwolle- Wasserschaden

Schafwolle- unbeschädigt

Schafwolle- unbenutzt

Holzfaser

Jute

Stroh

Mineralwolle



Hanf



Schafwolle-
Wasserschaden



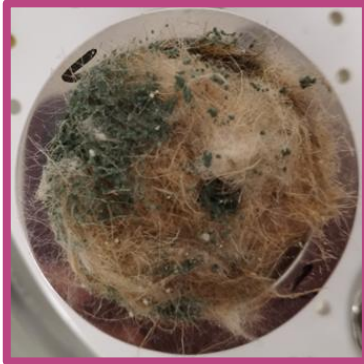
Schafwolle-
unbeschädigt



Holzfaser



Jute



Stroh



Mineralwolle



Schafwolle-
unbenutzt



1 Monat

6 Monate

Schafwolle-
Wasserschaden



Schafwolle-
unbeschädigt



Holzfaser



Mineralwolle



Schafwolle-
unbenutzt



8 Monate



Schafwolle-
Wasserschaden



Schafwolle-
unbeschädigt



Holzfaser



Mineralwolle



Schafwolle-
unbenutzt



- **Jute** beginnt am schnellsten/stärksten zu schimmeln (nach 1 Monat)
- **Stroh und Hanf** relativ ähnliches Verhalten (schimmeln nach 1 Monat)
- Unbehandelte Schafwolle weniger anfällig als benutzte (verschmutzte) Schafwolle, (schimmeln nach 6 Monaten)
- Neue **Schafwolle, Holzfaser und Mineralwolle** schimmeln auch nach 8 Monaten nicht

- Liegend, stehend, recycelt



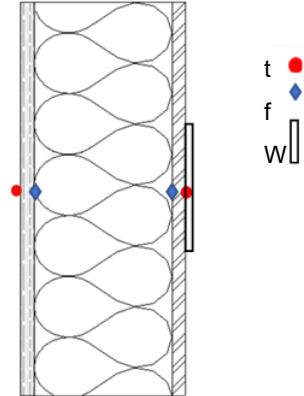
Wärmeleitfähigkeit über Wärmestrommessung

Aufbau:

OSB 19mm

Einblasstroh 200mm

DHF 20mm

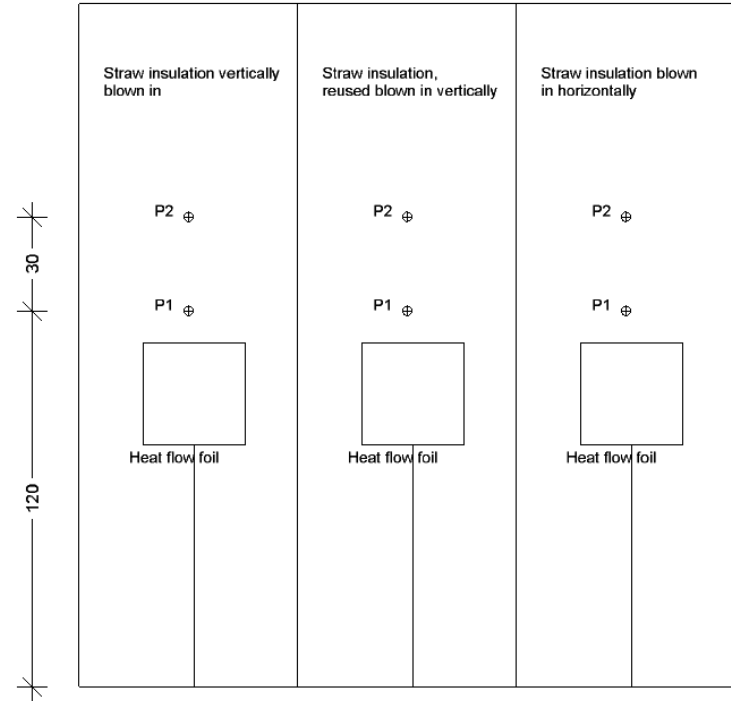
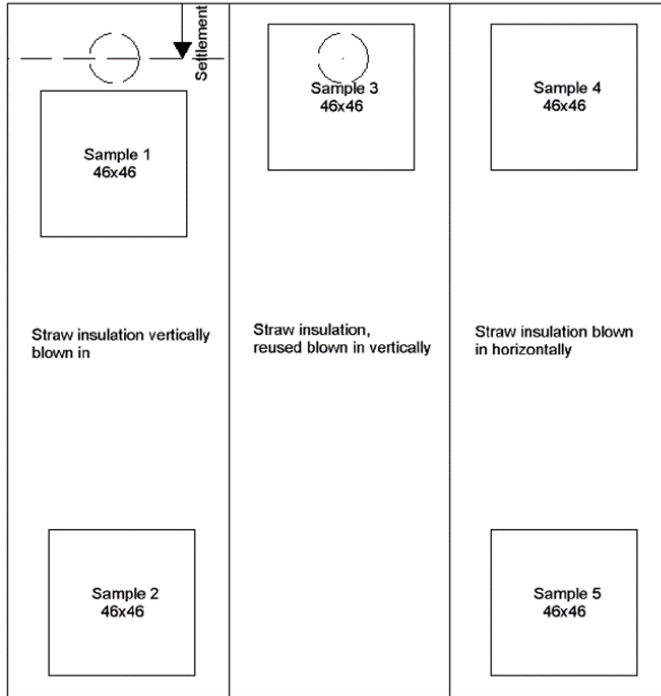


Unbehandeltes Stroh

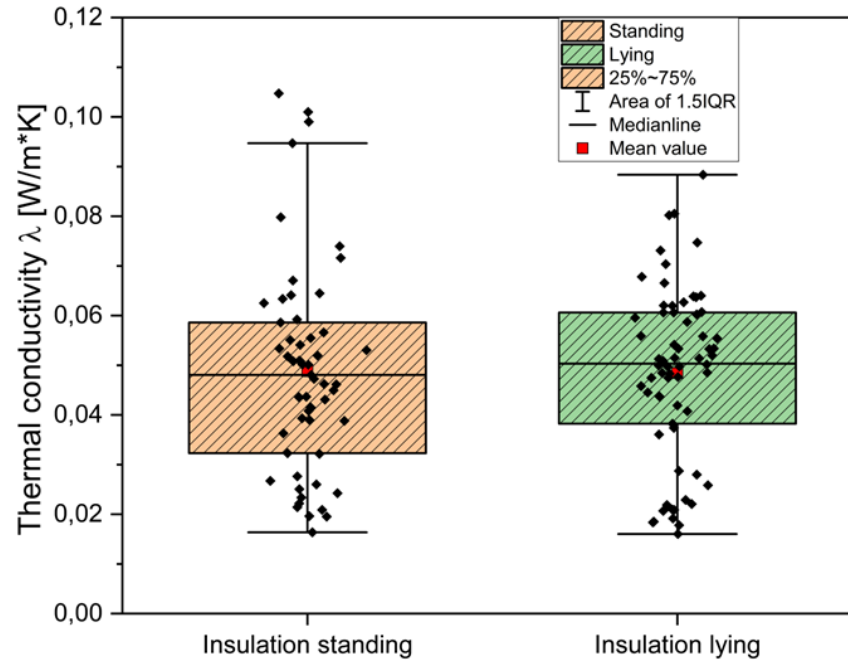
Einbau DPM

bi.wbb





Auswertungen- Wärmeleitfähigkeit



- Wärmeleitfähigkeit ist gleich: stehend, liegend oder wiederverwendete Strohhäckseldämmung

Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]

Unbehandeltes Stroh - Wärmestrommessung

stehend	0,0488
liegend	0,0484

Unbehandeltes Stroh- Nadelsonde

stehend	0,0447
liegend	0,0463
reused	0,0471

Unbehandeltes Stroh- Laborversuche

stehend	0,0513
liegend	0,0461
reused	0,0409

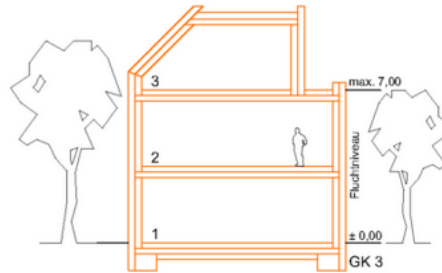
Stroh mit Flammschutzmittel- Wärmestrommessung

Stehend	0,0429
liegend	0,0420

Fazit Einblasstroh

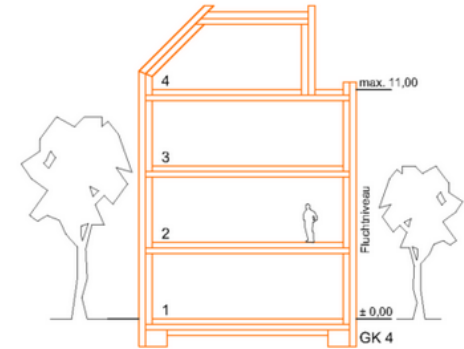
- Wärmeleitfähigkeit ist gleich, egal ob stehend, liegend oder wiederverwendete Strohhäckseldämmung eingeblasen wird
- keine Schimmelgefahr auch bei Stroh mit Flammschutzmittel

- Anforderungen:
 - mindestens 3 Geschosse
 - hygrothermisch sicher, fehlertolerant
 - U-Wert < 0.15 (Passivhaus)
 - Brandschutz: REI60, REI90
 - Schallschutz analysiert



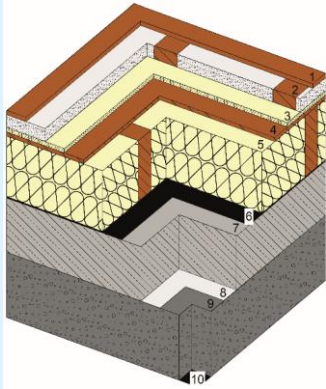
Gebäudeklasse 3 (GK3)

lt. OIB: Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7,0 m.



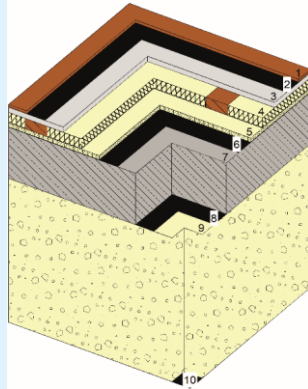
Gebäudeklasse 4 (GK4)

lt. OIB: Gebäude mit nicht mehr als vier oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 11,0 m.



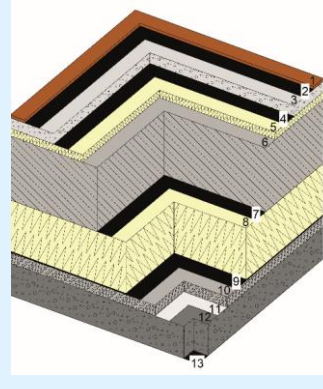
F1b

Fußbodenaufbau
mit innenliegender
Dämmung und
Streifenfundament



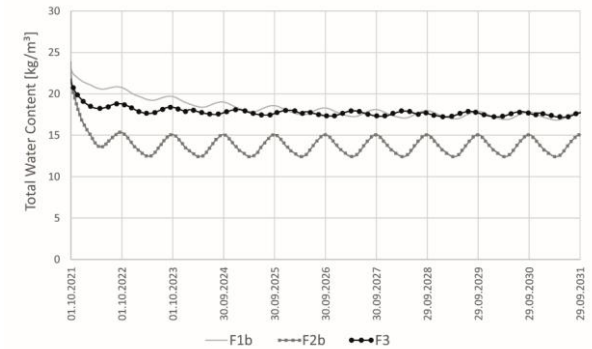
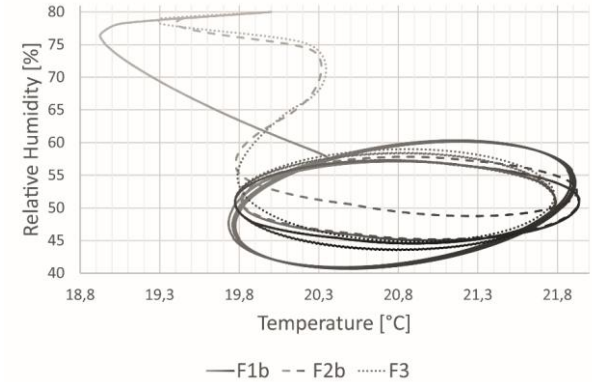
F2b

Fußbodenaufbau
mit außenliegender
Dämmung und
Plattenfundament



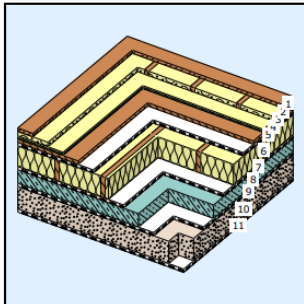
F3

Konventioneller
Fußbodenaufbau
mit XPS und
Plattenfundament



- Methoden: CO₂, OI₃, LCA
- Datenbanken:
baubook, EPD-Bau, ökobaudat

FB-STRFU-DO-EB: Fußboden, oberseitig gedämmt (30358)



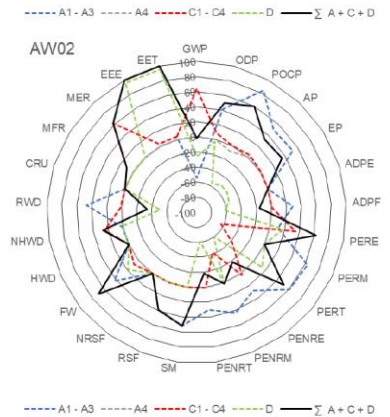
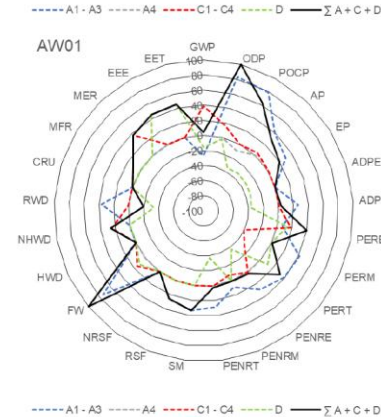
Fläche: 1 m²
Masse: 992,2 kg/m²
Nutzungsdauer: nein

0,127 W/m²K

U-Wert ²

ΣΔOI₃: 97 Punkte/m²
ElKON: 1,07 Punkte/m²

5.4.1 Außenwände



PENRT: 1.391 MJ/m²
PENRE: 1.112 MJ/m²
PENRM: 280 MJ/m²
PERT: 928 MJ/m²
PERE: 117 MJ/m²
PERM: 812 MJ/m²
GWP-total: 18,3 kg CO₂ equ./m²
GWP-fossil: 95,8 kg CO₂ equ./m²
GWP-biogenic: -77,4 kg CO₂ equ./m²
AP: 0,359 kg SO₂ equ./m²
EP: 0,165 kg PO₄³⁻/m²
POCP: 0,0688 kg C₂H₄/m²
ODP: 7,39·10⁻⁶ kg CFC-11/m²

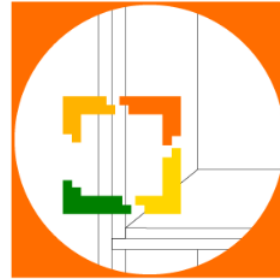
- 20 Baustoffe
- 36 Aufbauten
- 44 Bauteilfügungen

natuREbuilt-Kriterien:

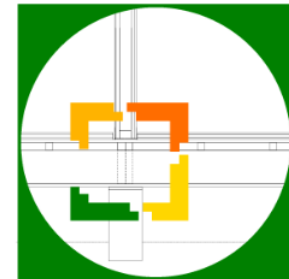
- REgional
- RESilient
- REgenerativ
- REssourcenschonend
- REalisierbar mehrgeschoßig



Baustoffe



Aufbauten



Bauteilfügungen



Glosschaumschotter

Glosschaumschotter besteht überwiegend aus Recyclingglas. Das Altglas wird gemahlen und mit Zuschlagstoffen gemischt. Bei ca. 900°C entsteht Schaumglas, ...



Hanf

Hanf (Cannabis sativa) ist eine ca. 1,5 bis 2,5 m hohe Pflanze mit fingerförmigen Blättern und hellgrauen Früchten, ...



Holzweichfaser - lose (eingebblasen)

Es wird Restholz, meist aus nachhaltiger Forstwirtschaft aus Sägewerken, zu Hackschnitzeln verarbeitet oder ...



Schafwolle

Schafwollämmstoffe werden aus der Wolle von Schafen hergestellt. Sie eignen sich aufgrund ihrer Länge, Faserfestigkeit, Feinheit und ...



Stroh (eingebblasen)

Weizenstroh als Nebenprodukt der Getreideproduktion wächst jährlich in enormen Mengen nach und wird nur zu einem geringen Teil aktiv genutzt



Strohballen, Baustrohballen

Weizenstroh als Nebenprodukt der Getreideproduktion wächst jährlich in enormen Mengen nach und ...



Zellulose, Einblaszellulose

Zellulosedämmstoff zum Einblasen besteht aus elastischen Zellulosefasern, die aus reinem Tageszeitungspapier hergestellt und ...



Bauschnittholz

Durch Sägen parallel zur Stammachse von Rund- oder Rohholz entsteht Schnittholz ...



Brettschichtholz

Brettschichtholz (BSH, umgangssprachlich auch Leimholz oder Leimbinder) besteht aus mindestens 3 verleimten Brettlagen, ...



Brettspertholz

Brettspertholz (BSP, CLT, Cross Laminated Timber) ist ein Überbegriff für Massivholztäfel, die aus kreuzweise verleimten Brettlagen ...



Holzwerkstoffe

Der Begriff Holzwerkstoffe ist nicht exakt definiert. Es handelt sich um einen Sammelbegriff für Produkte, ...



Kalk

Baukalk ist ein Sammelbegriff für alle im Bauwesen verwendeten Kalke. Weitere Hauptanwendungsgebiete für Kalk sind die Eisen- und Stahlindustrie, ...



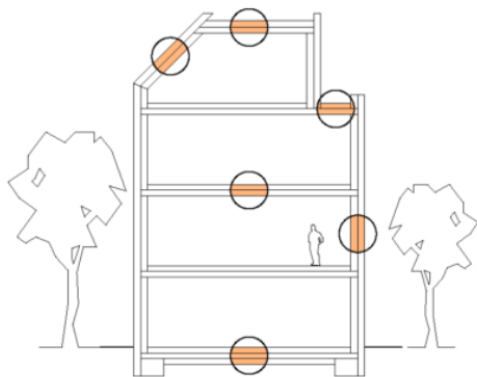
Kies

Kies ist eine Korngrößenbezeichnung eines Gesteins. Im Bauwesen wird der runde Kies vom scharfkantigen Schotter unterschieden, ...



Lehmputz

Lehm ist kein genormter oder homogener Baustoff. Er ist ein Gemisch aus Ton, Schluff und Sand, welches zusätzlich größere Gesteinspartikel und ...



wähle einen Bauteil

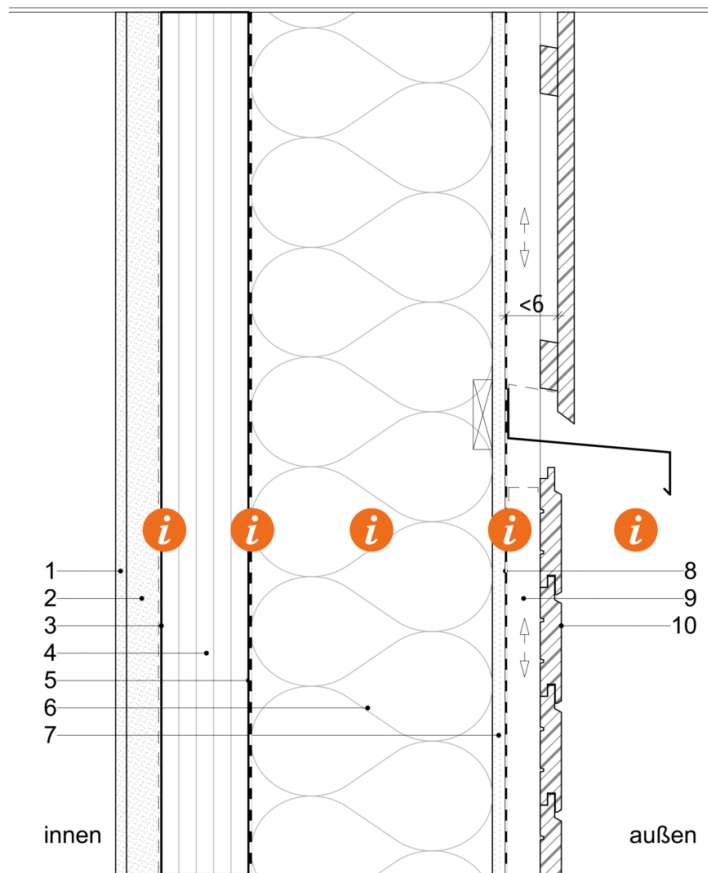
AW – Außenwand

FD – Flachdach

FB – Fußboden

GD – Geschossdecke

SD – Steildach



Schichtaufbau

1 Lehmputz 0,50 cm

2 Faserlehmputz 4,00 cm

3 Putzträgerstruktur 0,01 cm

4 Brettsperrholz lt. Statik 10,00 cm

5 luftdichte Folie 0,01 cm

6 ökol. Einblasdämmung (Stroh, Hanf, Zellulose,...) zw. Konstruktionsvollholz (6/28; $\epsilon = \max. 62,5$; bzw. lt. Statik) 28,00 cm

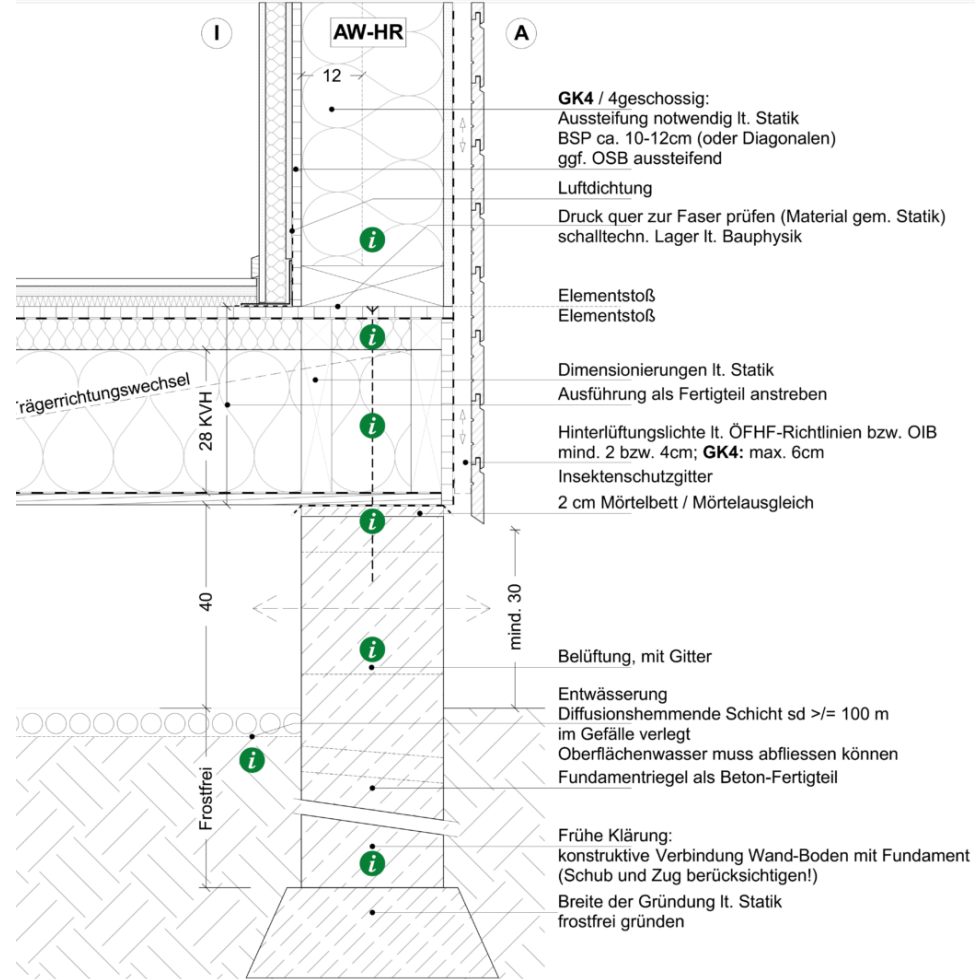
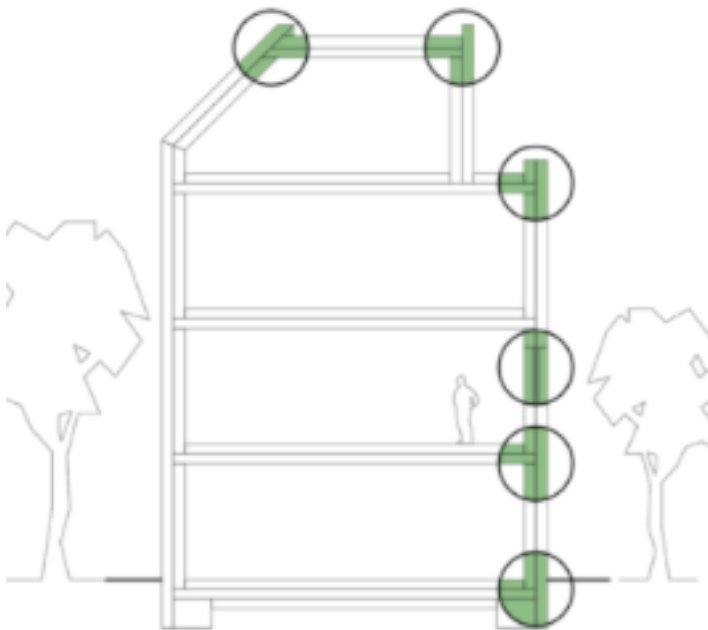
7 Gipsfaserplatte 1,50 cm

8 winddichte Folie 0,06 cm

9 Hinterlüftung 4,00 cm

10 Massivholzschalung 1,90 cm

Gesamt: 49,98 cm





Ökologische Dämmstoffe wie Stroh, Zellulose und Schafwolle zeigen eine hohe Fehlertoleranz und können auch bei Schaden funktional bleiben



Monitoring an realen Gebäuden bestätigt die Praxistauglichkeit – Wärme- und Feuchteigenschaften sind stabil



Schimmelversuche belegen Unterschiede zwischen Materialien: unbehandelte Naturfasern können empfindlich sein, jedoch lassen sich durch geeignete Materialwahl Risiken minimieren



Einblastechniken mit Stroh sind zuverlässig und ermöglichen ressourcenschonende Wiederverwendung



Mit den entwickelten Konstruktionen und dem Planungstool stehen praxistaugliche, nachhaltige Lösungen für mehrgeschossigen ökologischen Hochbau bereit