



FH Salzburg

# **smart building bei mehrgeschossigen Holzbauten**

**Die Einbindung haustechnischer Anlagen in die Fassade bei  
der Sanierung mehrgeschoßiger Gebäude**

DI Markus Leeb

Forschungsleiter Intelligente Energiesysteme  
Fachhochschule Salzburg  
Smart Building & Smart City

## Übersicht laufende internationale FuE Projekte

- Plug-n-Harvest

[www.plug-n-harvest.eu](http://www.plug-n-harvest.eu)

Ziel des Projektes ist der Entwurf, die Entwicklung, die Demonstration und die Nutzung von modular aufgebauten Fassadensystemen für die Sanierung von Bestandsfassaden. Dieses modulare Plug-n-Play Konzept/Produkt für ADBE (Adaptable Dynamic Building Envelopes) soll sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude geeignet sein.

- Bertim

<http://www.bertim.eu>

**BUILDING ENERGY RENOVATION THROUGH TIMBER PREFABRICATED MODULES**

Das Projekt strebt die Entwicklung von Methoden an, welche es ermöglichen, die Vorfertigungsprozesse an individuelle Sanierungslösungen sowie an Massenproduktion, verbunden mit computergestützten Entwurfswerkzeugen, anzupassen.



## Übersicht laufende internationale FuE Projekte

- More-Connect

[www.more-connect.eu](http://www.more-connect.eu)

Development and advanced prefabrication of innovative, multifunctional building envelope elements for MODular RETrofitting and CONNECTions

Ziel des Projektes ist es, Technologien und Komponenten für vorgefertigte modulare Sanierungselemente in fünf Geo-Clustern in Europa zu entwickeln und zu demonstrieren. Dazu gehören vorgefertigte, langlebige, innovative, modular aufgebaute Gebäudehüllenelemente für die gesamte Gebäudehülle, einschließlich der vorgefertigten Integration von multifunktionalen Komponenten für Klimatisierung, Energieeinsparung, Bauphysik und Ästhetik, mit fortschrittlichen, einfach zu bedienenden Plug & Play-Verbindungen

- P2Endure

[www.p2endure-project.eu](http://www.p2endure-project.eu)

Plug-and-Play product and process innovation for Energy-efficient building deep renovation

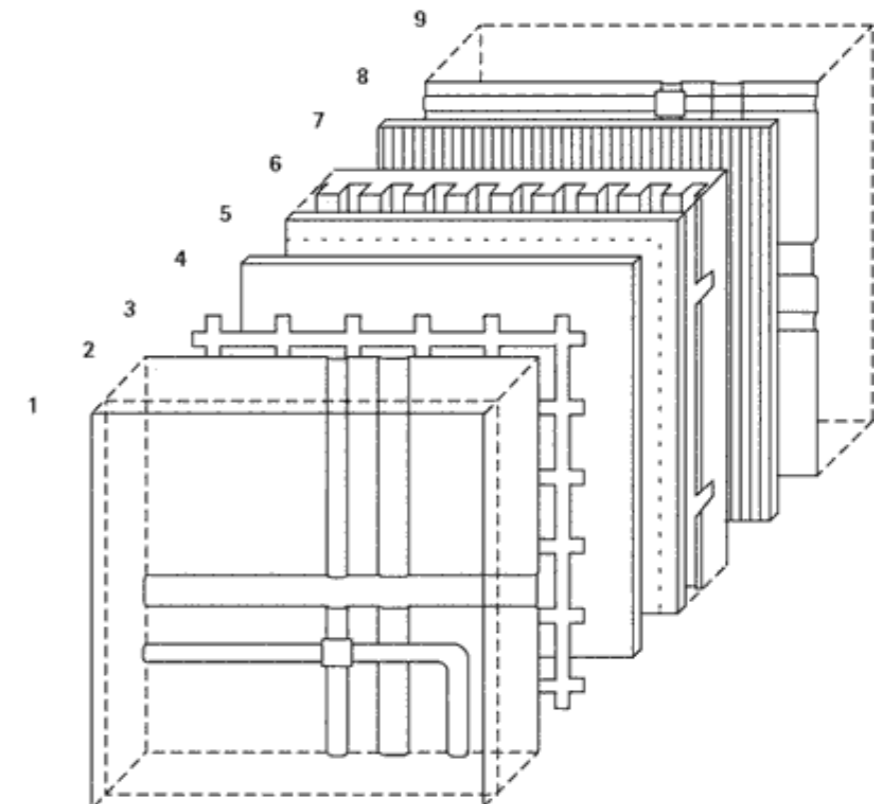
P2ENDURE zielt vor allem darauf ab, skalierbare, anpassungsfähige und einsatzbereite innovative Fertiglösungen (Plug & Play) für die tiefgehende Sanierung von Gebäudehüllen und technischen Systemen anzubieten.



### Multifunktionale Gebäudehüllen



Steiff-Fabrik, Gingen, 1903, Architekt unbekannt  
© Zacharias L.



Polyvalente Wand, Mike Davis (R. Rogers & Partners), 1981  
© M Davis

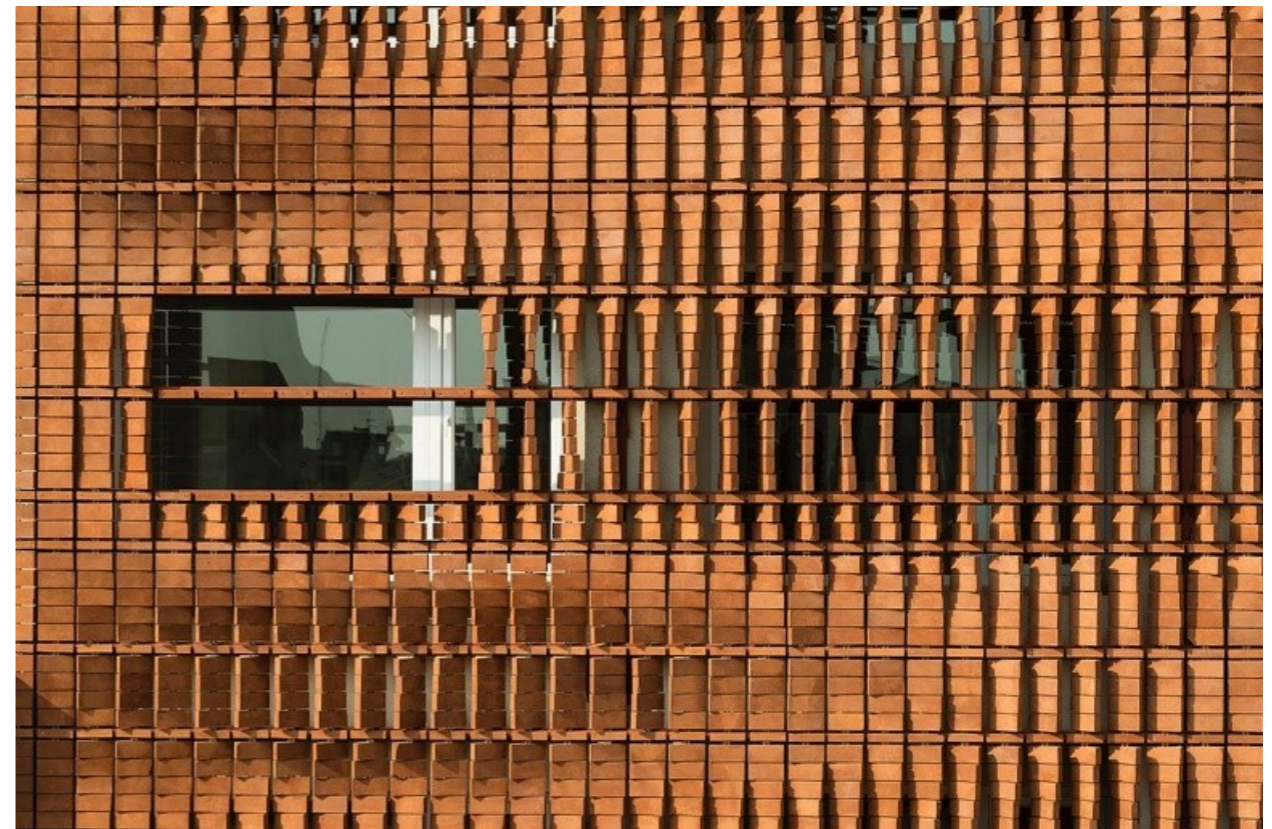
- 1 Silikon-Wetterhaut und eingelagertes Substrat
- 2 Sensor- und Kontroll-/Steuerungs-Logik, außen
- 3 Photoelektrisches Gitter
- 4 Wärme-Schicht-Radiator/Selektiver Absorber
- 5 Elektro-reflektierende Einlagerungen
- 6 Mikro-/feinporige gasdurchströmte Schicht
- 7 Elektro-reflektierende Einlagerung
- 8 Sensor und Steuerungs-Logik, innen
- 9 Eingelagertes Silikon-Substrat, innen



## Multifunktionale Gebäudehüllen

### Grundfunktionen der Gebäudehülle

- **Servicefunktionen**
  - Raumabschluss
  - Außenraumbezug
  - natürliche Belichtung und Beschattung
  - natürliches Lüften
- **Schutzfunktionen**
  - Klimaregulierung
  - Schallschutz
  - Brandschutz
  - Schutz der Konstruktion / Dauerhaftigkeit
- **Ressourcenoptimierung**
- **baukünstlerische Gestaltung**



Wohnbaufassade, Teheran, Iran, 2014, Admun Studio  
© LivinSpaces



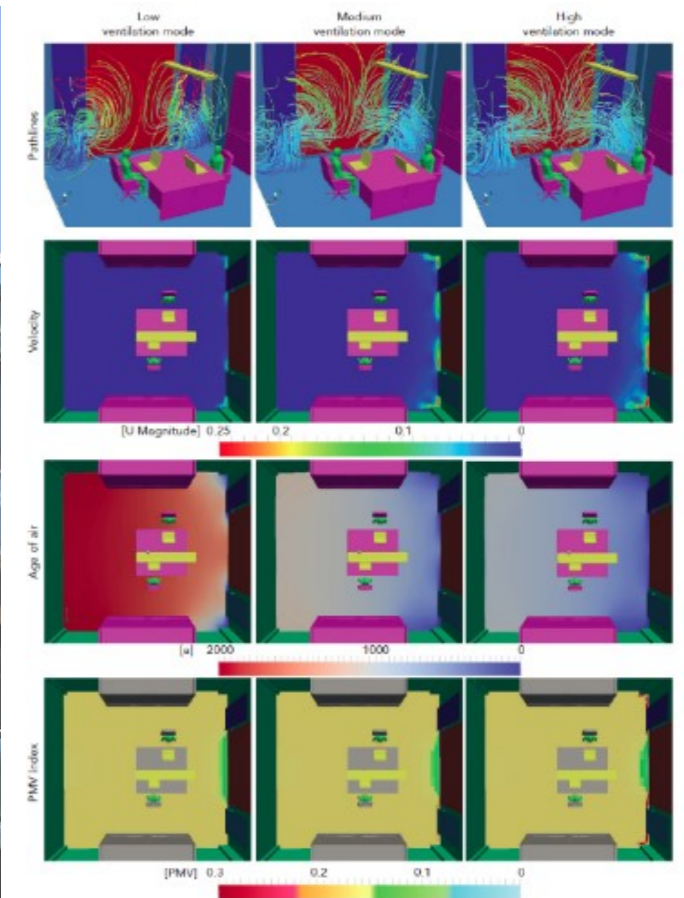
# Multifunktionale Gebäudehüllen

## Erweiterte Funktionen der Gebäudehülle

- **Servicefunktionen**
  - Energiegewinnung (GIPV / GIST)
  - Tageslichttechnik & Kunstlichtversorgung
  - (teil-)autonomes Heizen, Kühlen, Lüften
  - Bauteilaktivierung
  - thermische & elektrische Speicher
- **Vorfertigung**
  - Gewerkeintegration
  - hohe Fertigungsqualität & Qualitätskontrolle
  - Vermeiden baustelleninduzierter Mängel
  - kurze Bauzeit
- **Sanierung & Nachverdichtung**



COMET-K-Projekt mppf Prototyp II  
M. Grobbauer  
© fibag & SFL technologies GmbH



COMET-K-Projekt mppf, Simulation Raumlufqualität der Fassadenlüftung abhängig von Strömungsgeschwindigkeit  
© AIT



## Multifunktionale Gebäudehüllen



Schüco E<sup>2</sup> - Fassade, abgekündigt 2014  
© Schüco International KG



Wicona TEmotion Fassade  
© Hydro Building Systems GmbH

## Multifunktionale Gebäudehüllen



Plusenergiesanierung Wohnbau Kapfenberg, Arch Nussmüller & AEE INTEC, 2014  
© AEE INTEC



Plusenergiesanierung Wohnbau Kapfenberg, Arch Nussmüller & AEE INTEC, 2014  
© AEE INTEC



## TABS – Thermoaktive Bauteilsysteme

**Definition**

**Systeme**

**Anwendungen**

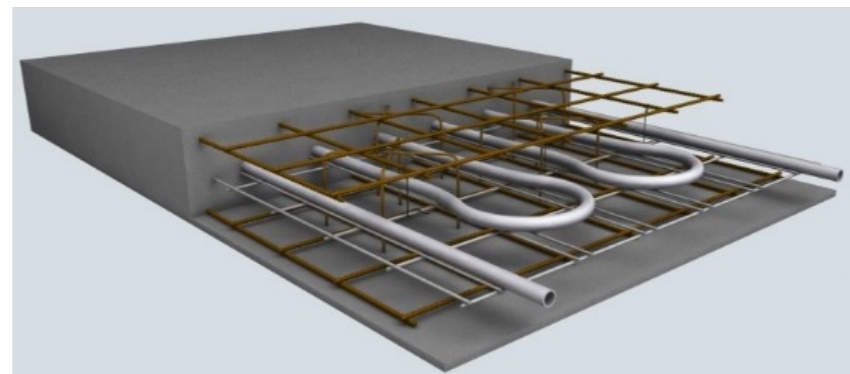
**Beispiele**



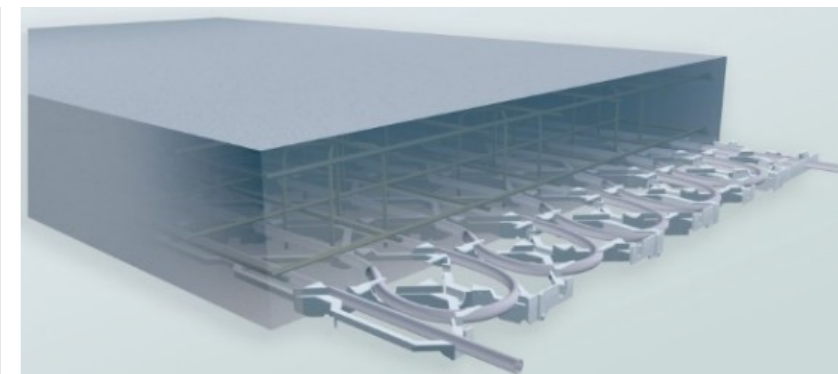
Aktivierung der Bestandswand bei Sanierung; Quelle: Eigene Darstellung

## TABS – Systemübersicht

**Fußbodenheizung**  
**Stahlbetondecke**  
    **oberflächennah**  
    **Mitte**



Quelle: uponor.de



Quelle: uponor.de

**Wandheizung**  
    **innen**  
    **Mitte**  
    **außen**

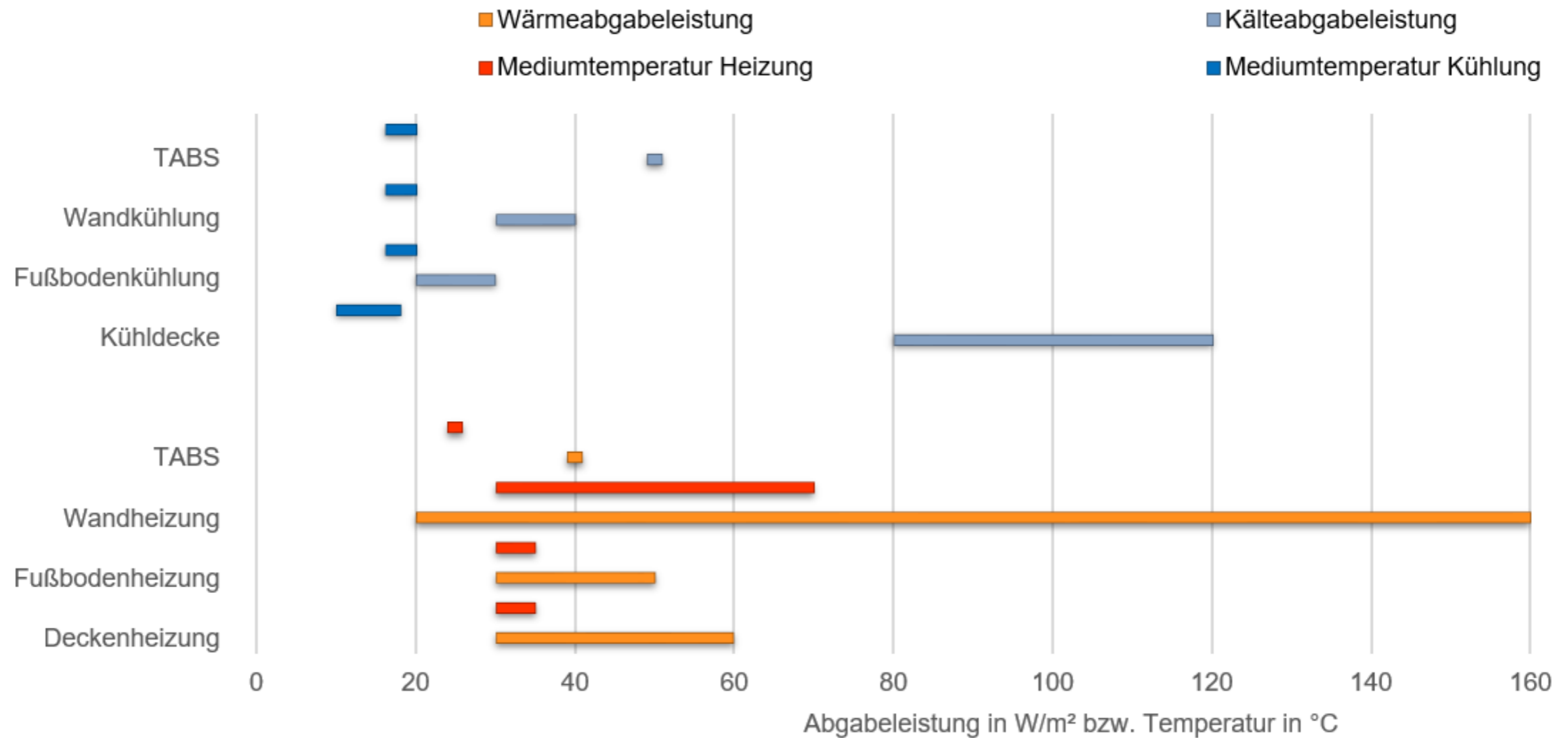


Quelle: keiltec GmbH



Quelle: installationsprofi.at

## TABS – Vergleich



Quelle: Eigene Darstellung – Daten aus Hausladen, Gerhard; Tichelmann, Karsten (Hg.) (2012): Ausbau Atlas. Integrale Planung Innenausbau Haustechnik



## TABS – Vergleich

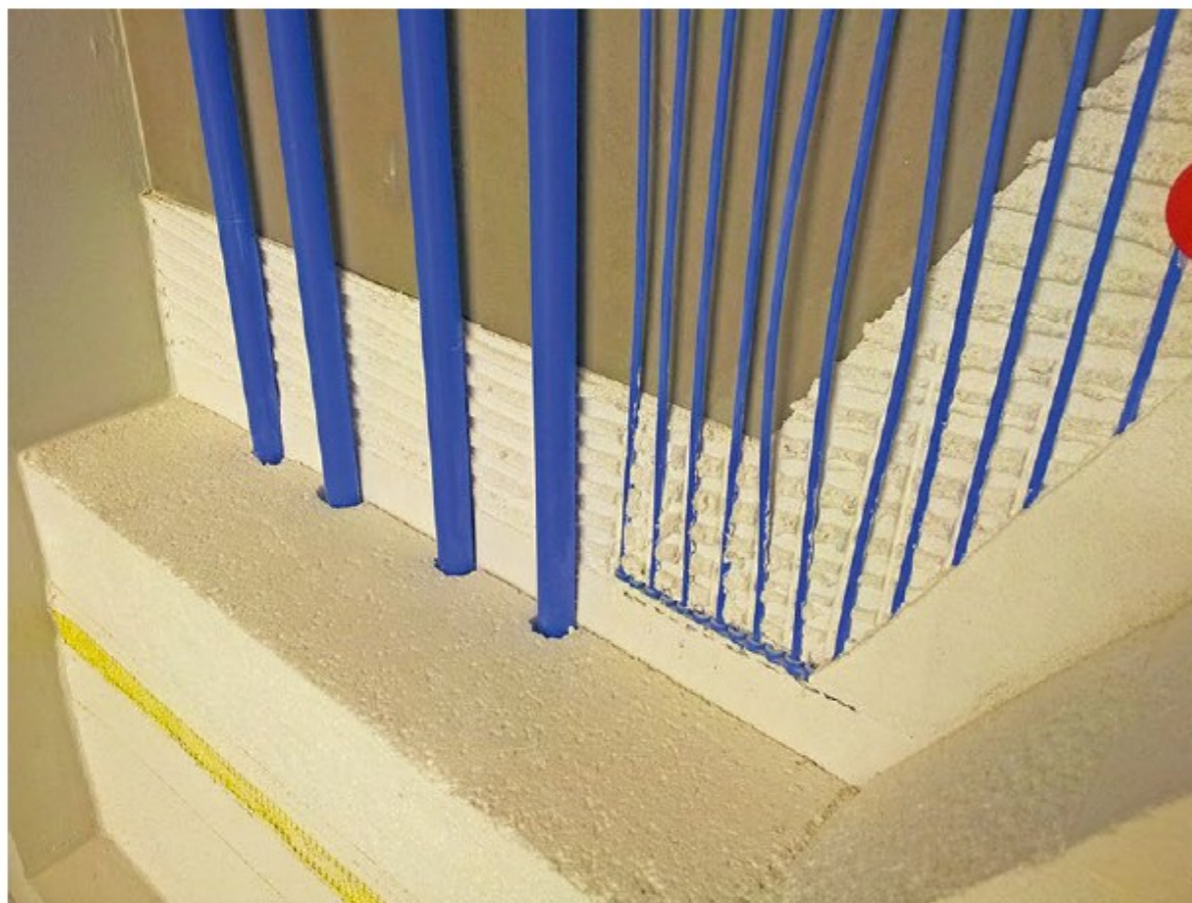
### **Vorteile**

- **Hoher Strahlungsanteil**
- **geringe Temperaturspreizung**
- **Selbstregeleffekt**
- **sehr hohe Behaglichkeit**

### **Nachteile**

- **keine abgehängten Decken**
- **keine individuelle Regelung**
- **kurzzeitige Änderungen der Wärmelasten problematisch**
- **(hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle notwendig)**

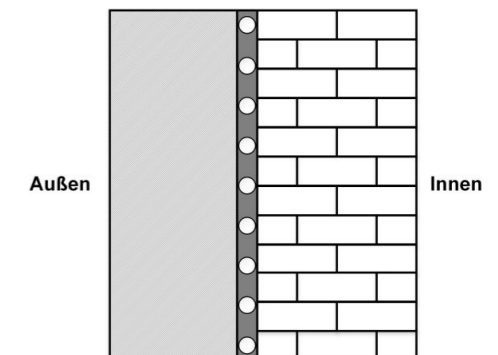
## TABS – Sanierung



Quelle: C. Schmidt/G. Luther/H. Altgeld/S. Maas/B. Groß/F. Scholzen · „Außenliegende Wandtemperierung“ – LowEx-Anwendung zur Temperierung von Bestandsgebäuden

### TABS – Aktivierung von außen

U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke [mm]																	
	10	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
1.0	25%	37%	46%	53%	58%	62%	68%	73%	76%	79%	81%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%
1.1	27%	40%	49%	55%	60%	64%	70%	75%	78%	80%	82%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	90%
1.2	29%	42%	51%	57%	62%	66%	72%	76%	79%	82%	84%	85%	86%	88%	88%	89%	90%	91%
1.3	30%	44%	53%	59%	64%	68%	74%	78%	81%	83%	85%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%
1.4	32%	46%	55%	61%	66%	70%	75%	79%	82%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	92%
1.5	34%	48%	57%	63%	68%	71%	77%	80%	83%	85%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	92%	92%
1.6	35%	49%	58%	65%	69%	73%	78%	81%	84%	86%	87%	89%	90%	90%	91%	92%	92%	93%
1.7	37%	51%	60%	66%	71%	74%	79%	82%	85%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%
1.8	38%	52%	61%	67%	72%	75%	80%	83%	86%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%
1.9	40%	54%	63%	69%	73%	76%	81%	84%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%
2.0	41%	55%	64%	70%	74%	77%	82%	85%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	94%
2.1	42%	57%	65%	71%	75%	78%	83%	85%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%
2.2	43%	58%	66%	72%	76%	79%	83%	86%	88%	90%	91%	92%	92%	93%	94%	94%	94%	95%
2.3	45%	59%	67%	73%	77%	80%	84%	87%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%
2.4	46%	60%	68%	74%	78%	81%	85%	87%	89%	90%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%
2.5	47%	61%	69%	75%	79%	81%	85%	88%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%	95%
2.6	48%	62%	70%	76%	79%	82%	86%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%
2.7	49%	63%	71%	76%	80%	83%	86%	89%	90%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%
2.8	50%	64%	72%	77%	81%	83%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%	96%
2.9	51%	65%	73%	78%	81%	84%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%
3.0	52%	66%	74%	78%	82%	84%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	95%	95%	95%	96%	96%	96%



Wirkungsgrad außenliegende Wandtemperierung abhängig von U-Wert der Bestandswand und Dicke der aufgetragenen Wärmedämmung

Quelle: C. Schmidt/G. Luther/H. Altgeld/S. Maas/B. Groß/F. Scholzen · „Außenliegende Wandtemperierung“ – LowEx-Anwendung zur Temperierung von Bestandsgebäuden



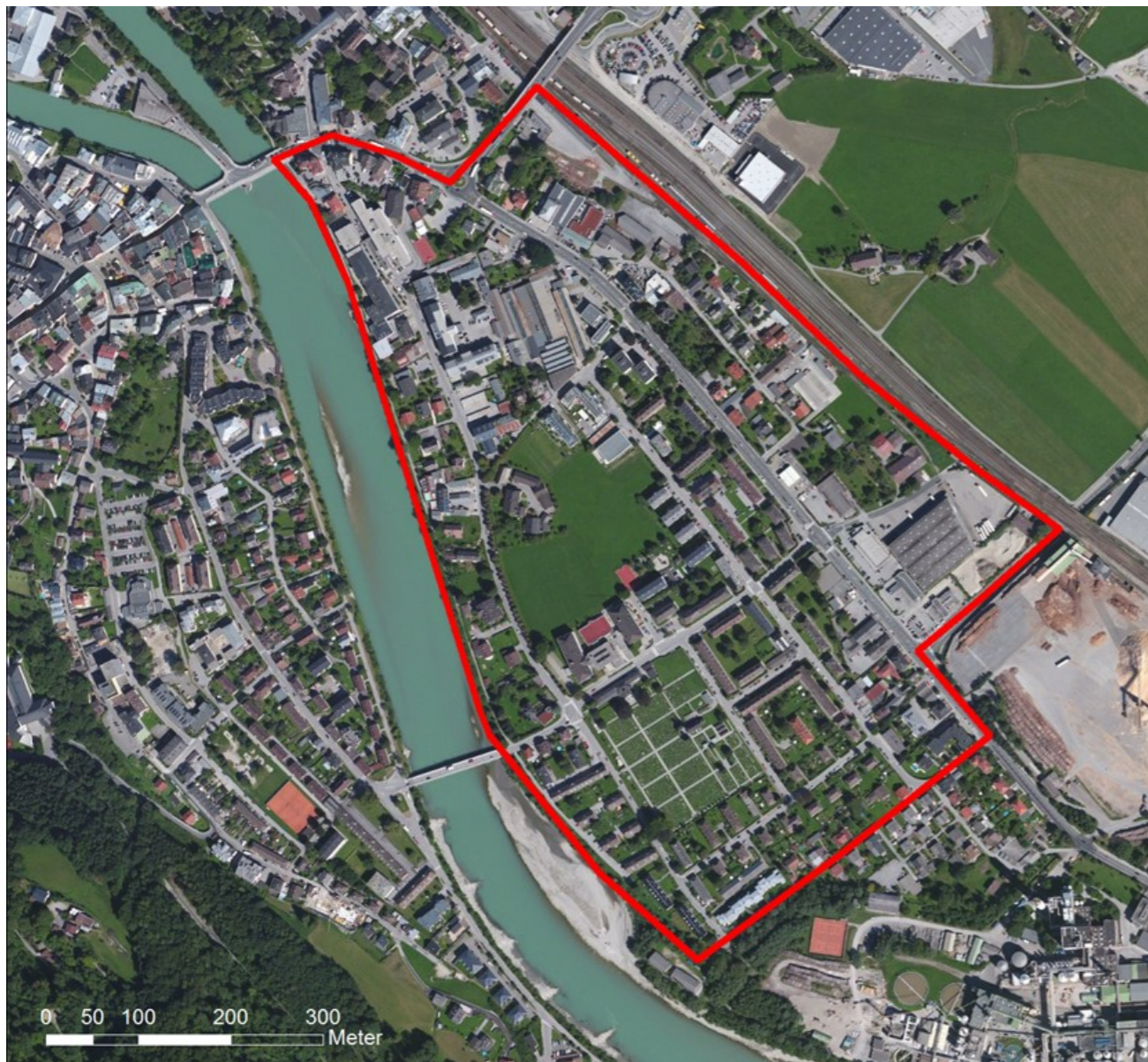
## Smart City Hallein – Wohnen findet Stadt!

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart City Demo“ durchgeführt.

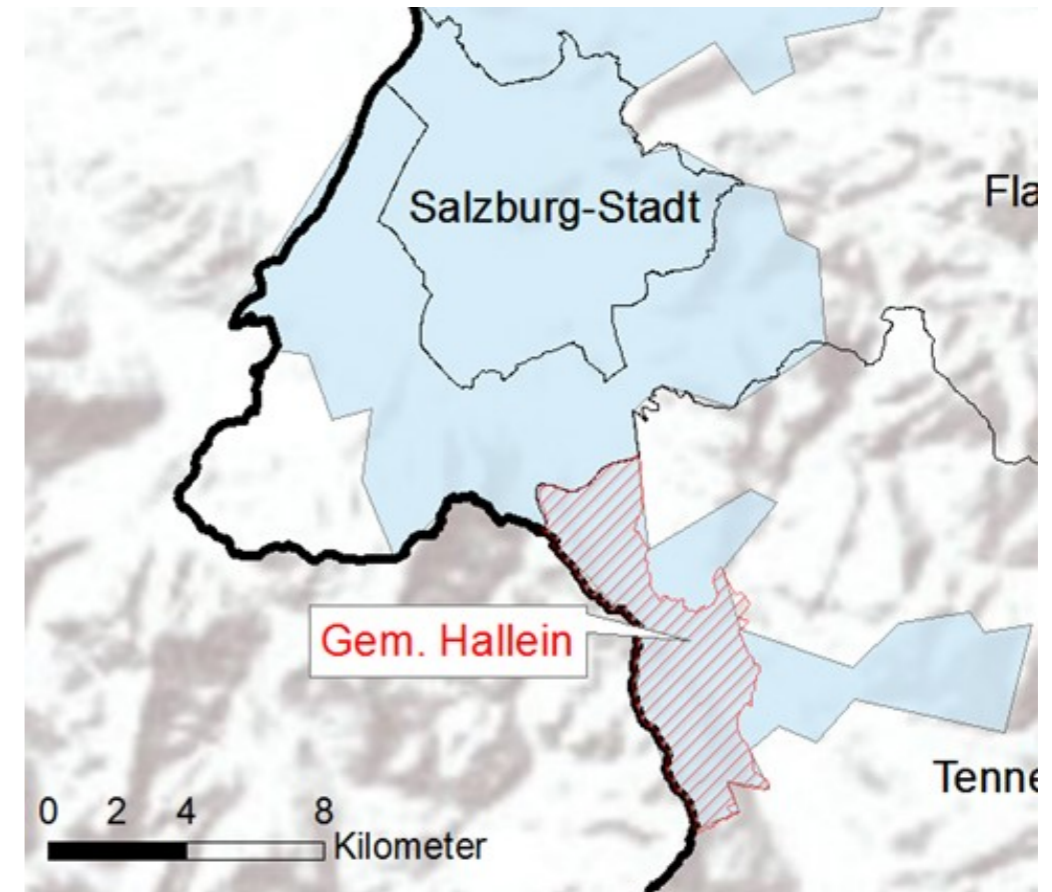
powered by  klima+  
energie  
fonds



### Projektgebiet



Quelle: Paul Schweizer



Quelle: Paul Schweizer

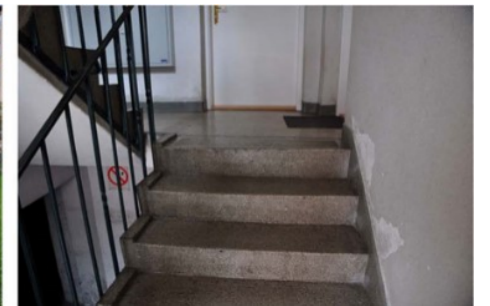


### Problemstellung

- erbaut: 1930-1960
- Charakteristik:
  - starke Verkehrsbelastung
  - hohe Schall- und Schadstoffemissionen
  - hoher Grünraumanteil
  - überalterte Bevölkerungsstruktur
  - inhomogene Wärmebereitstellung
- Erneuerungspotential
- Reaktion auf demografischen Wandel



Salzachtalstraße 32 | 34, >21.000 Kraftwagen/Tag



Quelle: Paul Schweizer



Doettlstraße 5 | 7, >8.000 Kraftwagen/Tag



Quelle: Paul Schweizer



## Ziele

### Wohnen findet Stadt

*...Innovationspfad...*



Quelle: Paul Schweizer



## Nachverdichtungsszenario Vollausbau

BGF Bestand 44.504 qm

BGF neu 22.223 qm

BGF Total 66.727 qm

- Erhalt Siedlungsstruktur
- Moderate Erhöhung der Dichte möglich
- Erhalt Freiraumqualität
- Neubau an definierten Punkten
- Stadtteilgarage
- Einbindung BewohnerInnen



### Demoobjekte



Quelle: Paul Schweizer



## **Smart Skin „Salzburger Multifunktionsfassade“ Prototyp**



### Multifunktionale Fassade - Prototyp

- Kooperation mit lokalen Unternehmen
- Schallschutz
- Dämmung
- Beheizung
- Schonung des Bestandes
- Mieter müssen nicht abgesiedelt werden
- Vorfertigung



Quelle: Paul Schweizer



Quelle: FH Salzburg

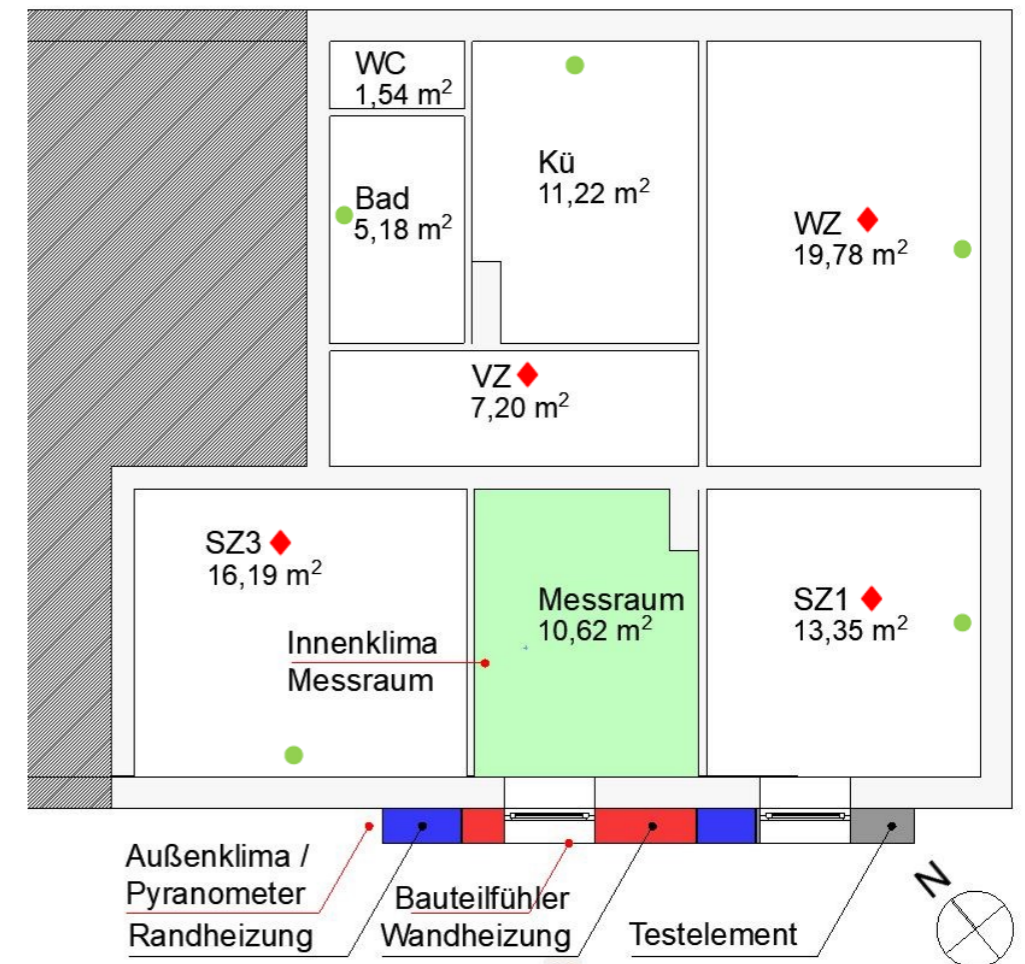
## Messraum Prototyp

Zeitraum: 25.02.2018, 00:00 – 03.03.2018, 23:59

◆ Position AQM (Air Quality Monitor)

● Position Heizkörper

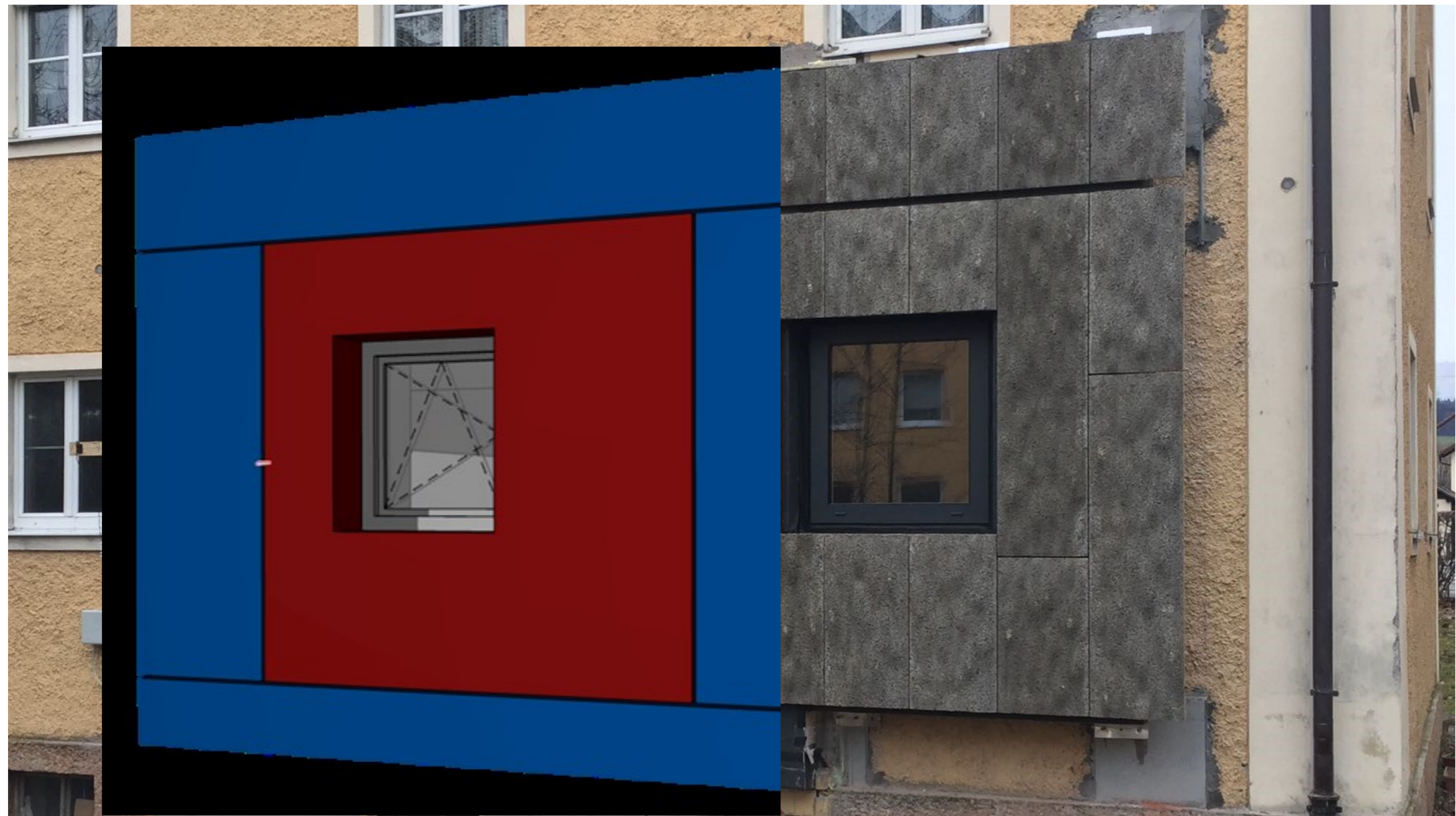
- **Messraum** versperrt
- **Fenster** nicht über längere Zeit geöffnet oder gekippt
- **Luftvolumen** zwei Mal pro Tag ausgetauscht
- Laufende Aufzeichnung durch **Air Quality Monitore**
- **Innentemperatur zw. 21 und 22 °C**
- **Türen** ausgehängt



Plan Wohnung im EG mit Messraum inkl. Position der AQM und der Heizkörper, eigene Darstellung



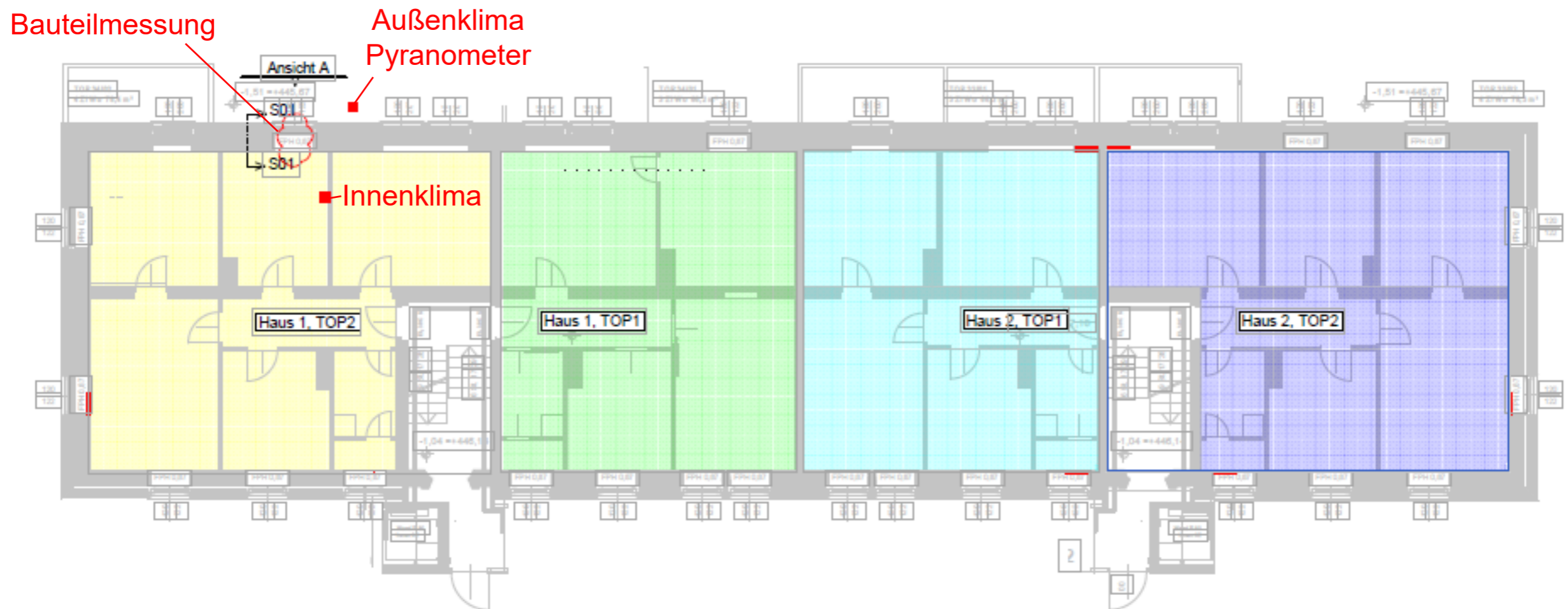
### Prototyp



Außenansicht Prototyp mit den beiden Heizkreisen (rot: Wandheizung Messraum; blau: Wandheizung Randzone), eigene Darstellung



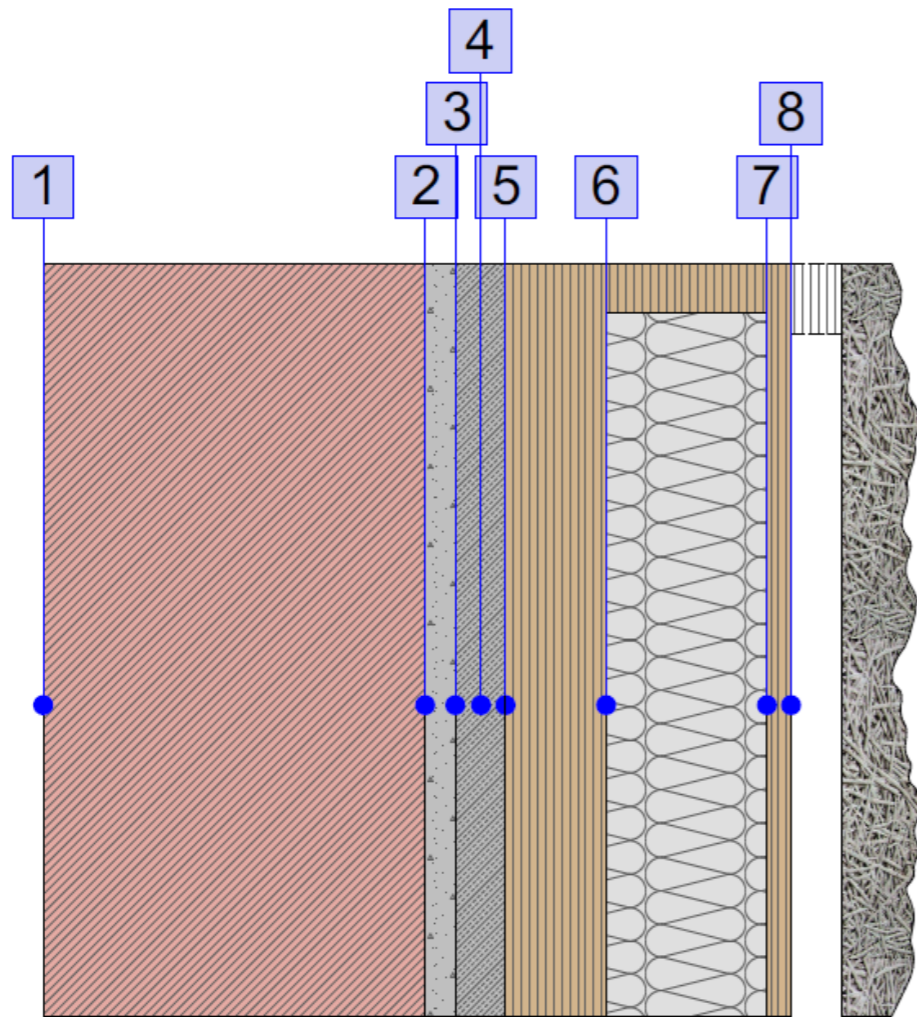
## Multifunktionale Fassade – Monitoring Prototyp



Quelle: FH Salzburg

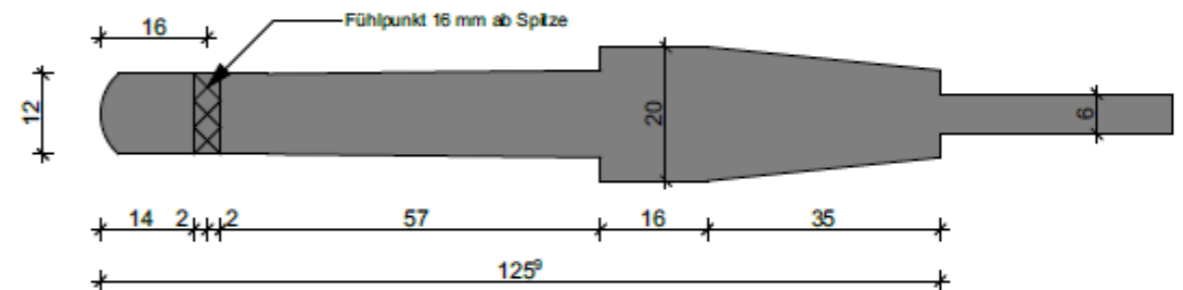


## Multifunktionale Fassade – Monitoring Prototyp



Quelle: FH Salzburg

- 1      Oberflächentemperaturfühler innen
- 8      Oberflächentemperaturfühler Hinterlüftung
- 2 - 7    Bauteilfühler Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in der Grenzschicht



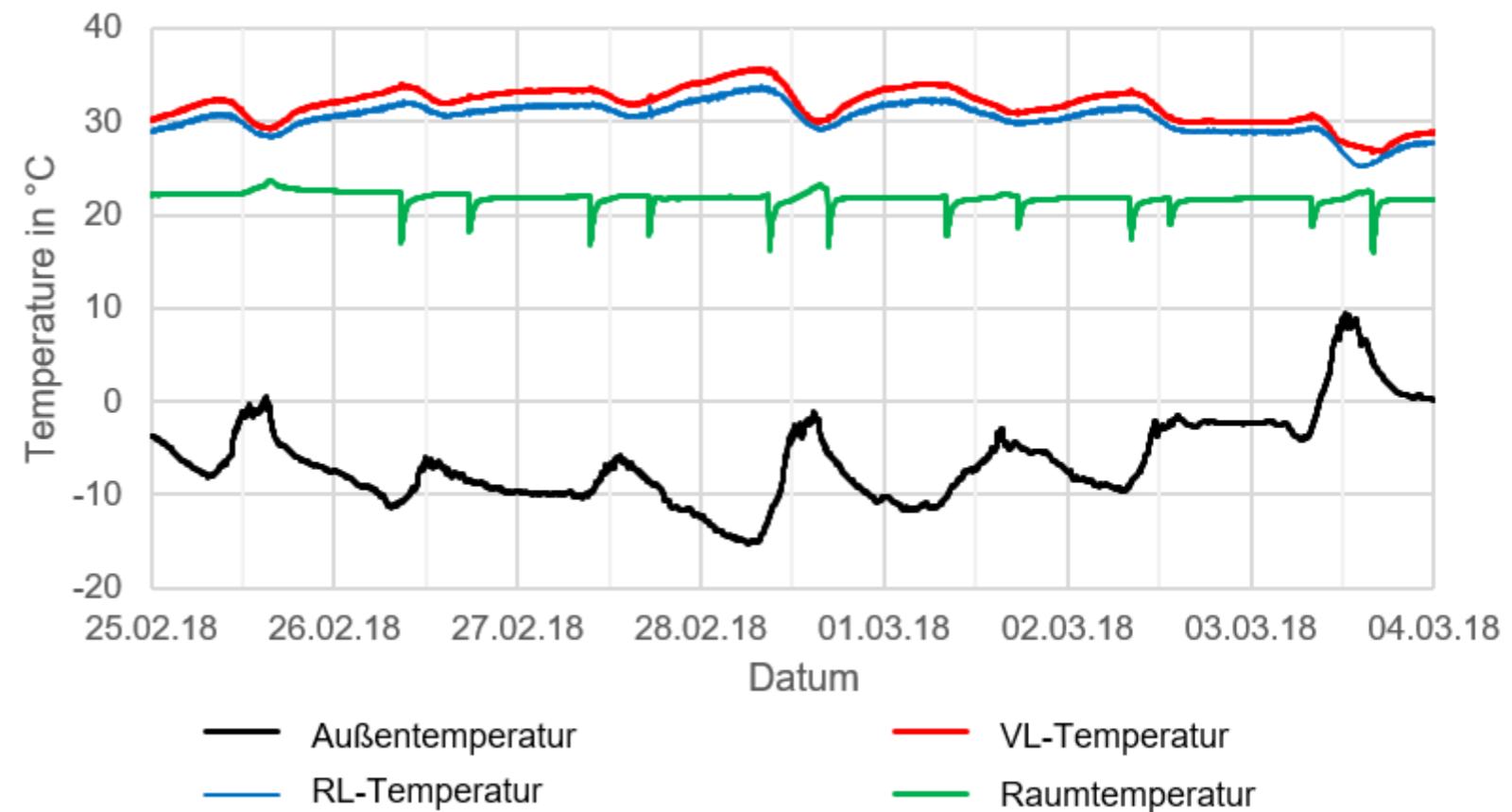
Quelle: FH Salzburg



## Multifunktionale Fassade – Monitoring Prototyp

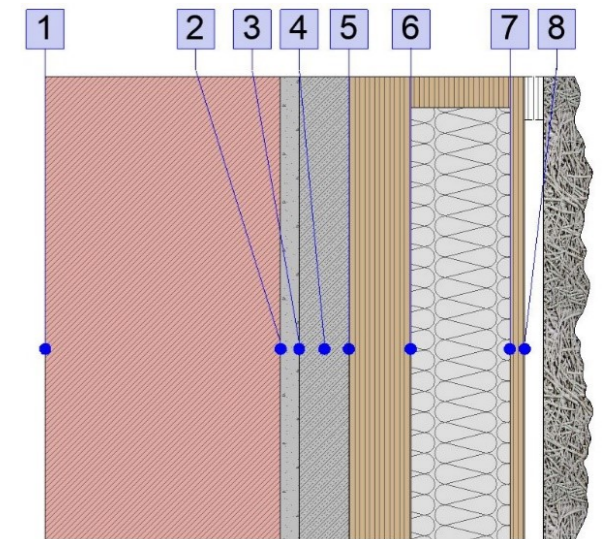
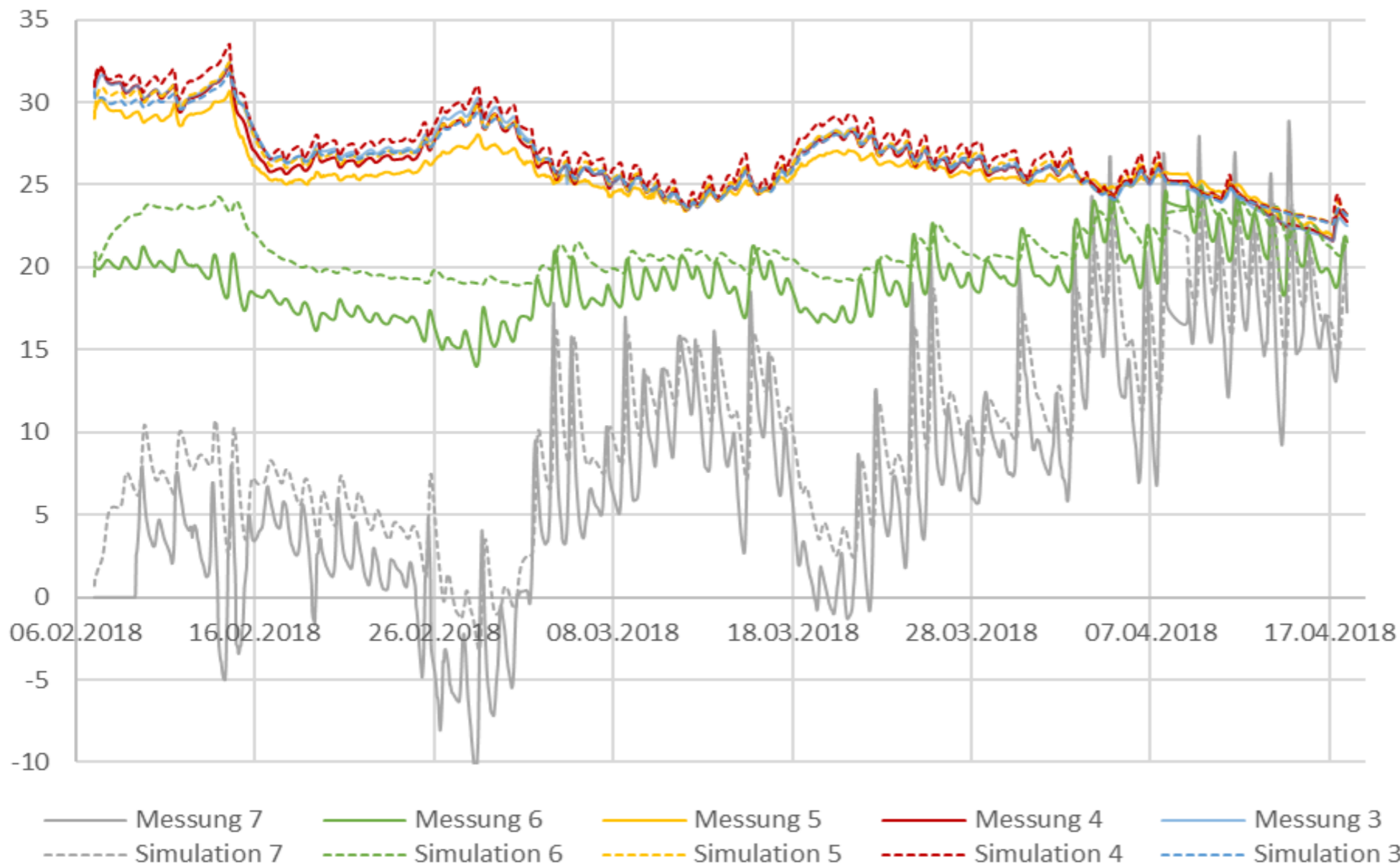
### Regelstrategie:

- 35° C Vorlauftemperatur bei -15° C Außentemperatur
- Lineare Abnahme auf 20° C bei 20° C Außentemperatur
- Dämpfung: Mittelwert 3 h
- Massenstrom: ~ 470 l/h
- Raumtemperatur: 22° C
- Lüftung: natürlich



## Multifunktionale Fassade – Validierung

Vergleich Temperatur Messung - Simulation



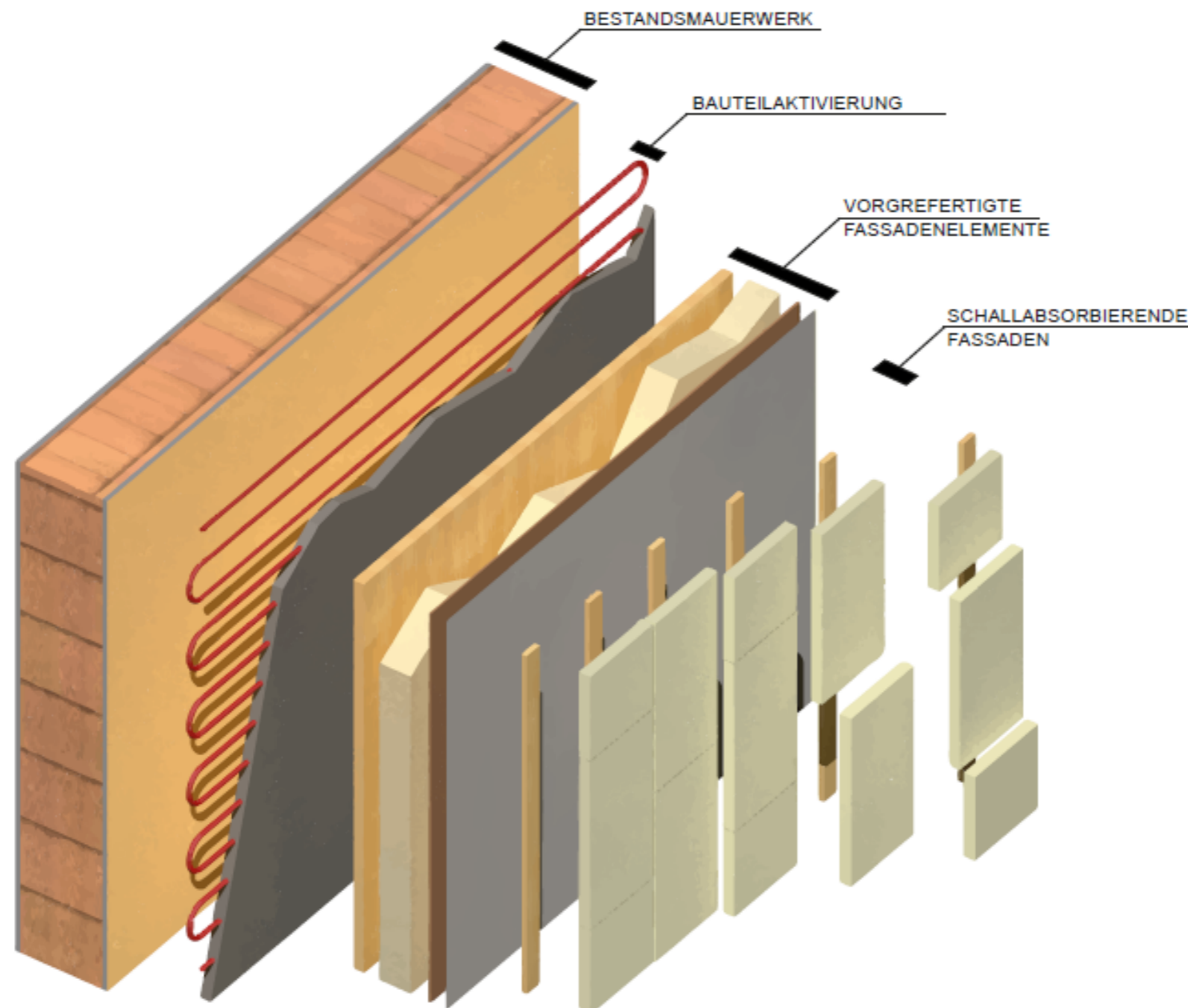
## Smart City Hallein – Wohnen findet Stadt! Umsetzung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart City Demo“ durchgeführt.

powered by  klima+  
energie  
fonds



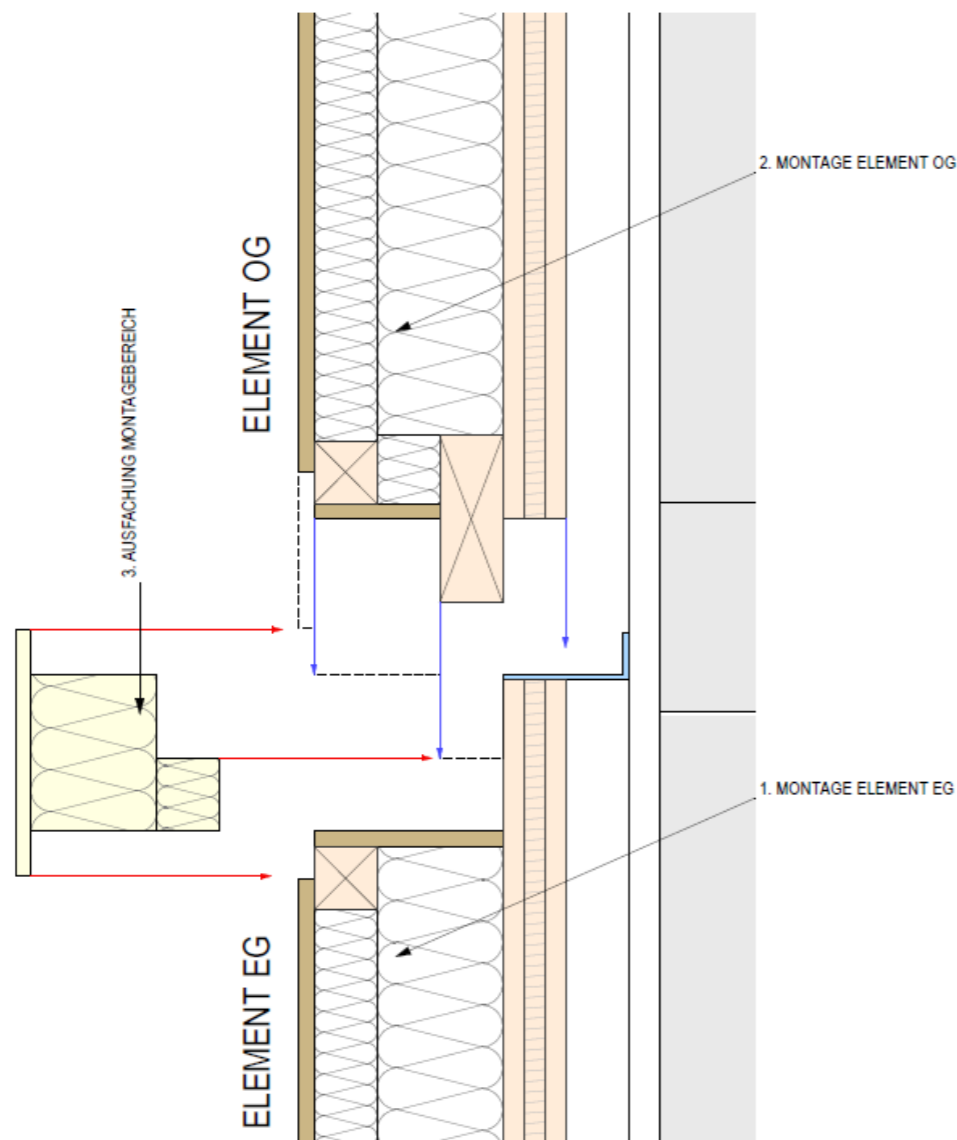
## Multifunktionale Fassade - Ausführung



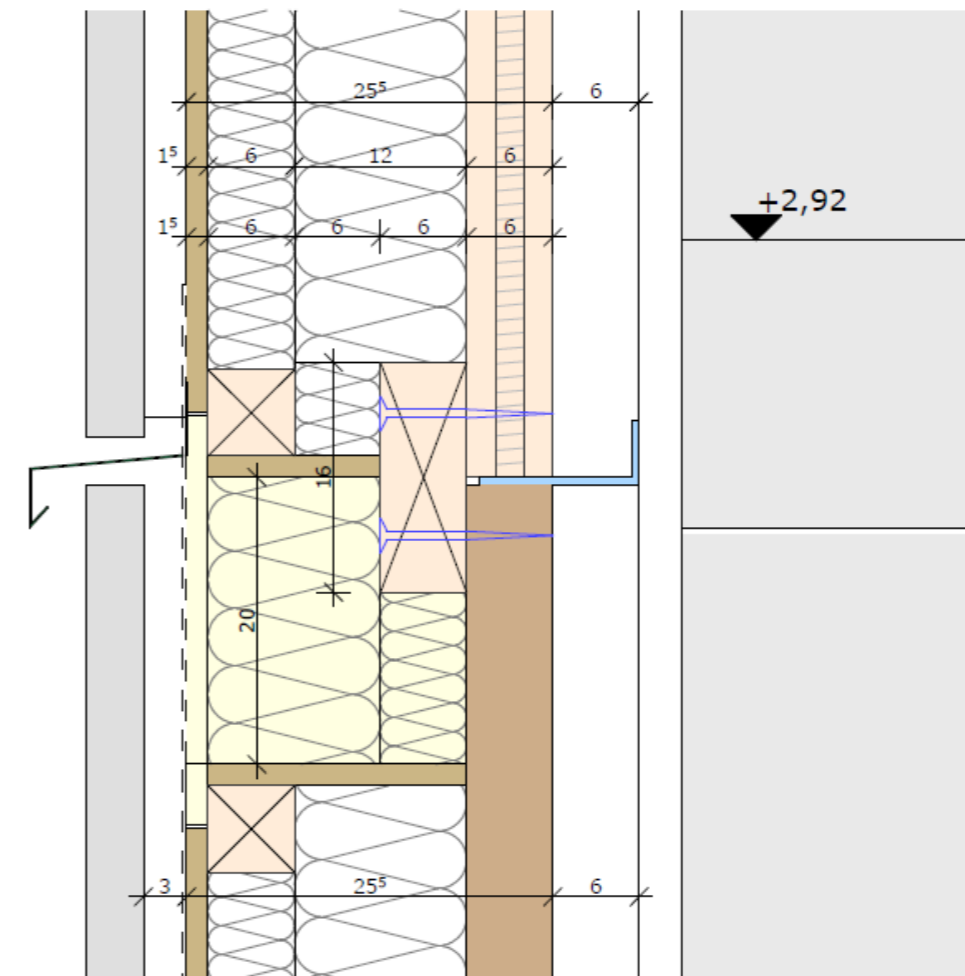
Quelle: FH Salzburg



## Multifunktionale Fassade - Ausführung



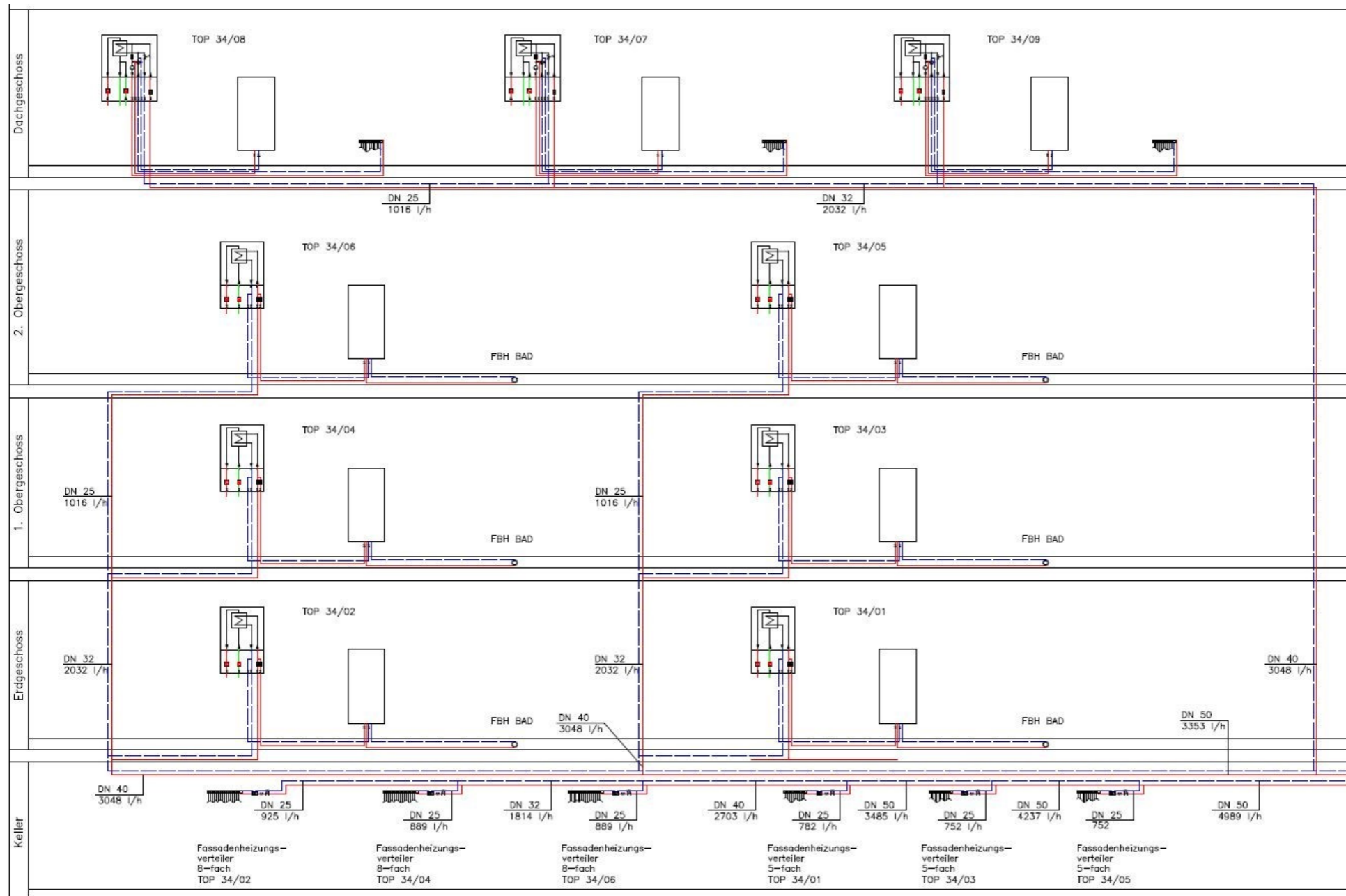
Quelle: INNOVAHOLZ GmbH



Quelle: INNOVAHOLZ GmbH



## Haustechnikschema

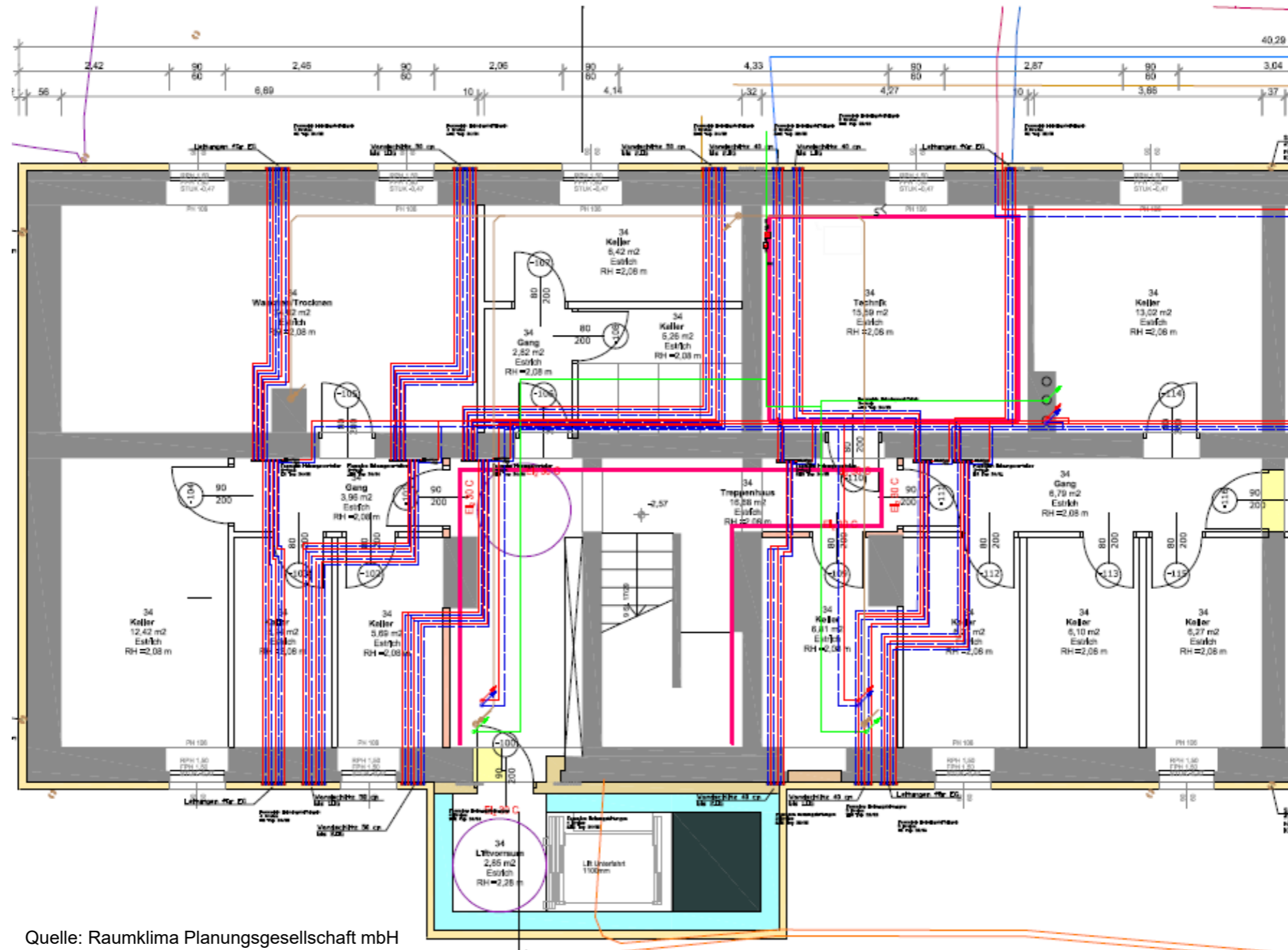


Quelle: Raumklima Planungsgesellschaft mbH





### Haustechnikgrundriss Kellergeschoß



Quelle: Raumklima Planungsgesellschaft mbH





Quelle: FH Salzburg

Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg

Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg

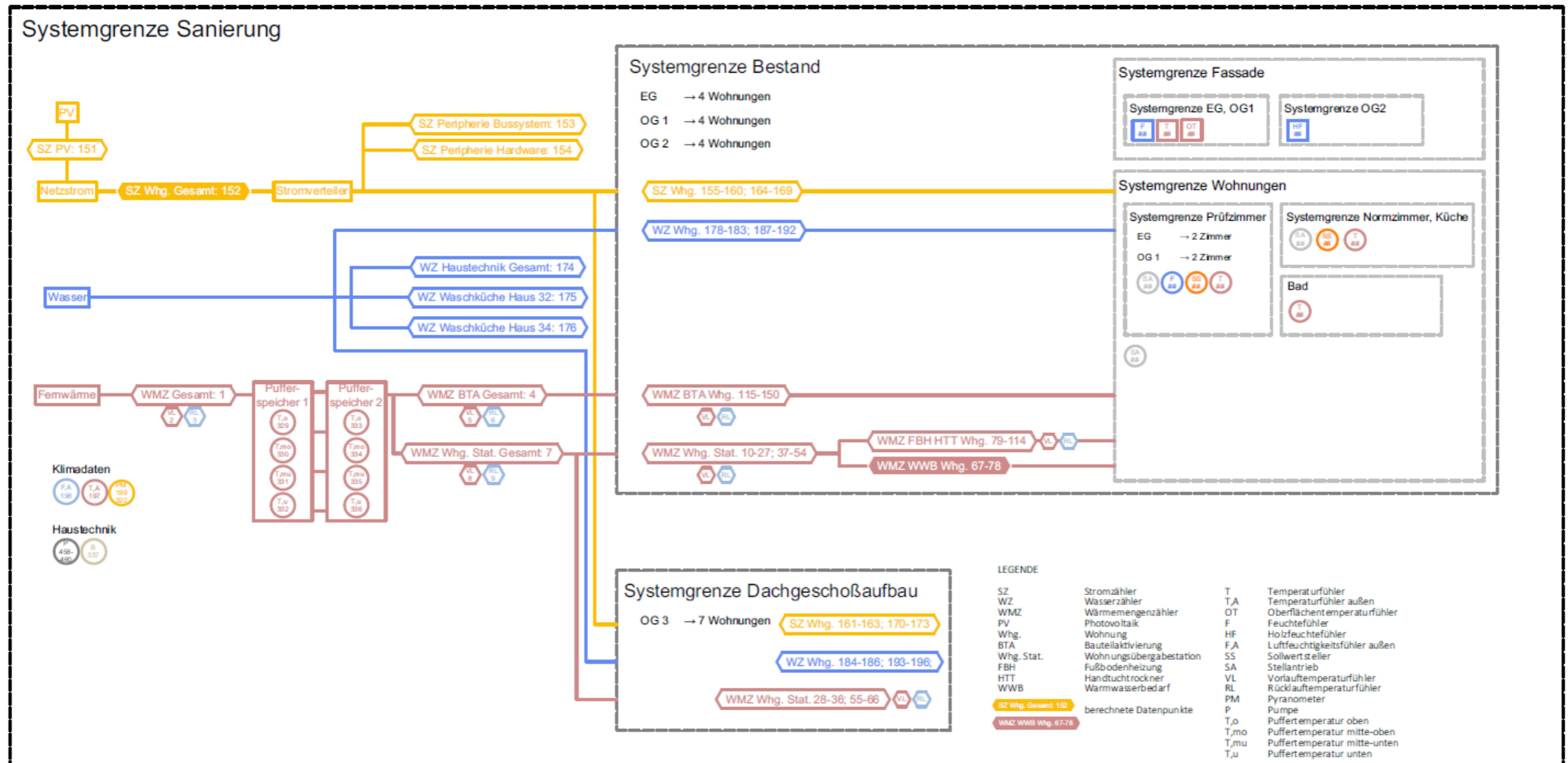
## Smart City Hallein – Wohnen findet Stadt! Monitoring

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart City Demo“ durchgeführt.

powered by  klima+  
energie  
fonds



### Monitoring

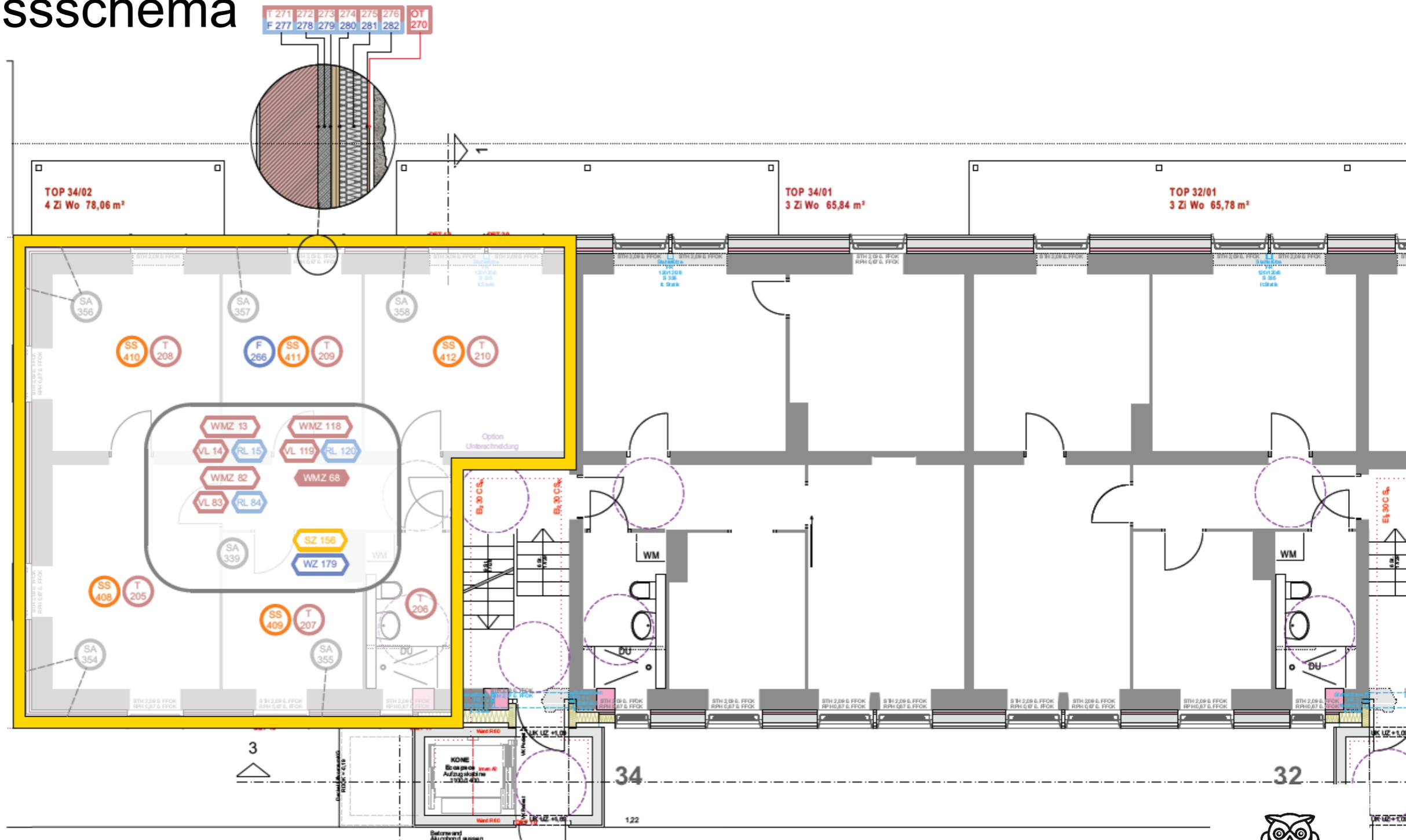


Quelle: FH Salzburg





## Messschema

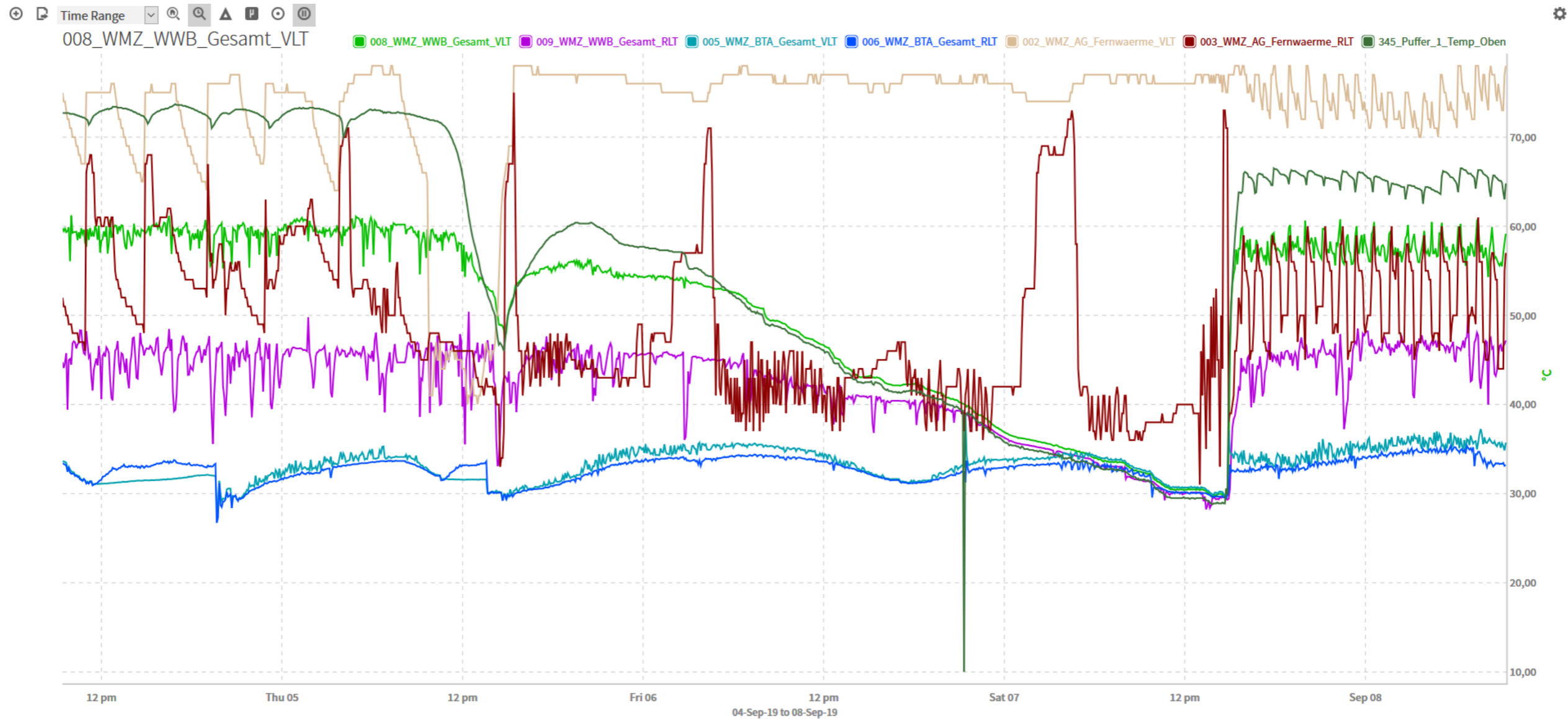


Quelle: FH Salzburg



FH Salzburg

### Monitoring



Quelle: FH Salzburg



## Zusammenfassung:

- Minimalinvasive Lösung und Beheizung von außen möglich
- Vorfertigung inklusive Führung der TGA-Leitungen erfordert frühzeitige gewerkübergreifende Planung
- Feuchteschutz trotz Feuchteintrag des Betons gewährleistet
- Bei 35°C Vorlauftemperatur -> 20°C im Raum
- Monitoring elementar – auch für Facility Management

## Nächste Schritte:

- Weiterführende Simulationen:
  - Regelstrategienentwicklung mit Gebäudesimulation IDA-ICE 4.8
  - Validierung Feuchte anhand der neuen Messungen
  - Simulation der Bauteilfeuchte in WUFI Pro
- Optimierung der Multifunktionsfassade am nächsten Objekt
- Untersuchung der Kühlmöglichkeit

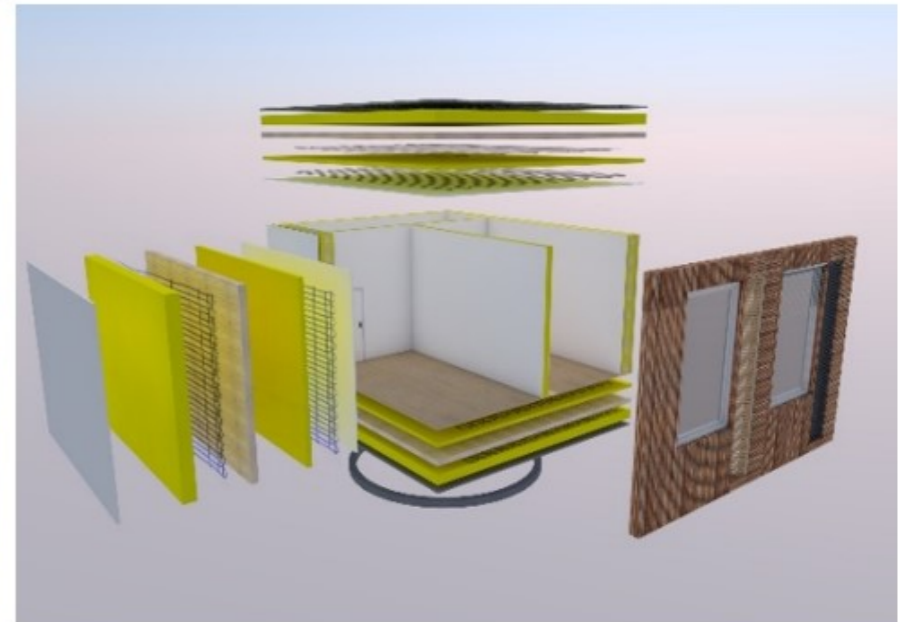


### Twin<sup>2</sup>Sim

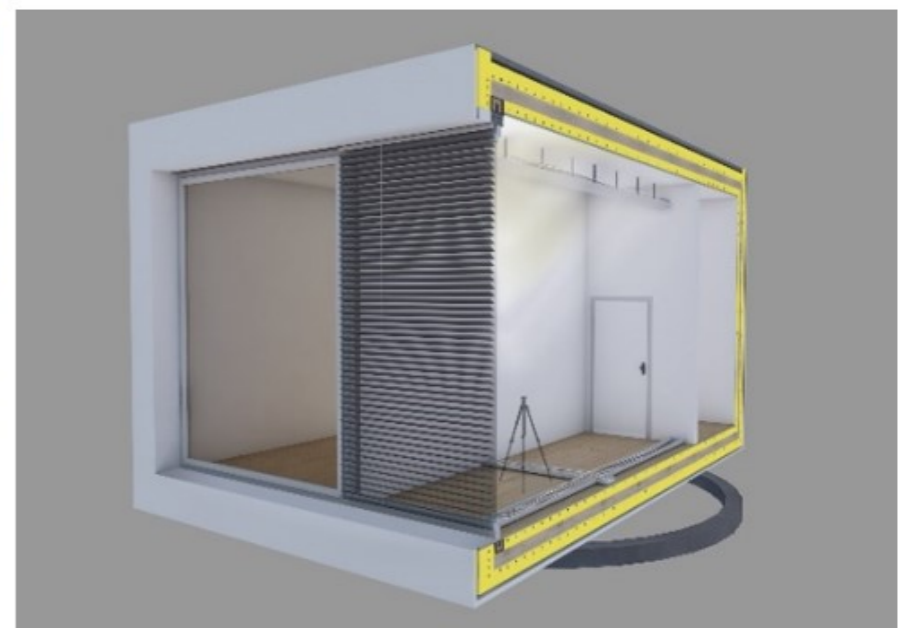
**Prüfstand und  
Versuchsräume  
für Systeme  
der Gebäudehülle und  
Gebäudetechnik**

FH Salzburg:  
Smart Building  
Zentrum Alpines Bauen  
Forschungsteam Holz  
und biogene Technologien

Prüfstand ◀▶ Langzeitversuchsräume



Quelle: FH Salzburg



Quelle: FH Salzburg



## Projektbeteiligte Smart Cities Demo Hallein „Wohnen findet Stadt!“

- Stadt Hallein
- Architekt Paul Schweizer
- Researchstudio iSpace
- Fallast Tischler & Partner GmbH
- FH Salzburg – Smart Building & Smart City



## Projektbeteiligte Smart Skin „Salzburger Multifunktionsfassade“

- InnovaHolz GmbH
- VELOX Werk GmbH
- Isocell GmbH
- Felbermayr Bau GmbH & Co KG
- G.S. Georg Stemeseder
- Schaber Anton Installationen
- Gebäude- und Regeltechnik GmbH.
- KE KELIT Kunststoffwerk GmbH., NL Salzburg
- Raumklima Planungsgesellschaft mbH.
- Architekt Paul Schweizer
- FH Salzburg – Holz- und Biogene Technologien
- FH Salzburg – Smart Building & Smart City



## **Kontakt**

DI Markus Leeb

Forschungsleiter Intelligente Energiesysteme

Zentrum Alpines Bauen

Tel: +43-(0)50-2211-2703

[markus.leebe@fh-salzburg.ac.at](mailto:markus.leebe@fh-salzburg.ac.at)

Smart Building & Smart City

