

MULTIFUNKTIONALE GEBÄUDEHÜLLEN

Forschungssplitter FH Salzburg

Live-Fach-Webinar Fassadenbau
Fachhochschule Kärnten

Matthias Gnigler
Michael Moltinger
Michael Grobbauer





Techniken der Moderne (les techniques modernes), le Corbusier

- Natürliche Lüftung
(aération naturelle)
- Natürliche Belichtung
(éclairage solaire)
- Verschattung
(brise soleil)
- Thermisch aktive Fassaden
(mur neutralisant)
- Vorkonditionierte Luft
(respiration exacte)



*Villa Schwob/Turque,
La Chaux-de-Fonds, CH,
1912, Le Corbusier*

Multifunktionsfassaden

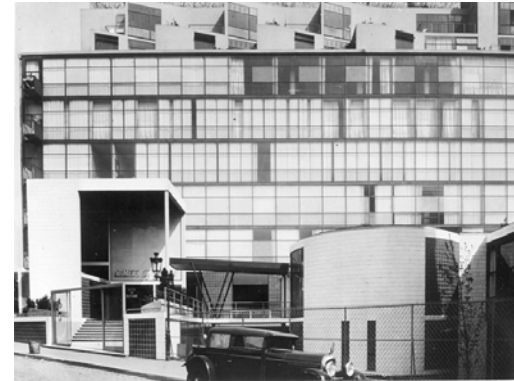
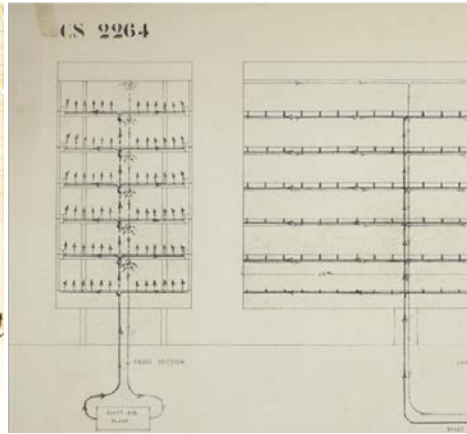
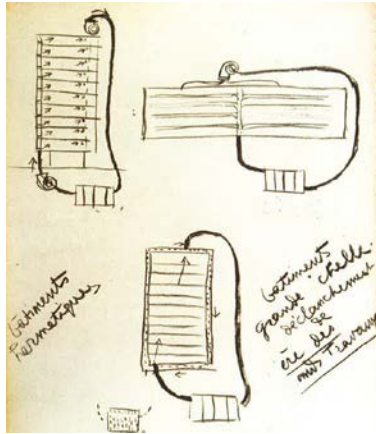
Moderne



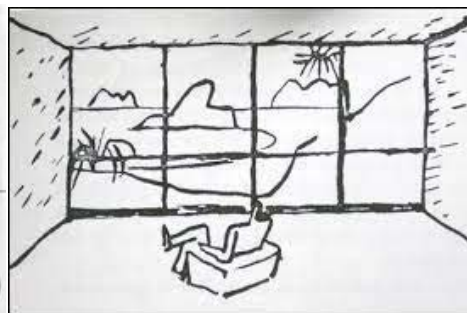
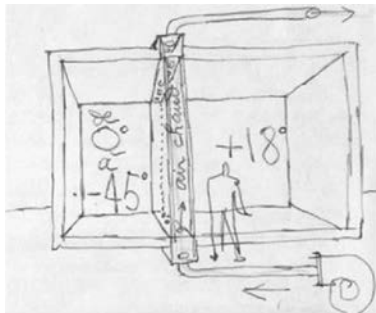
FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



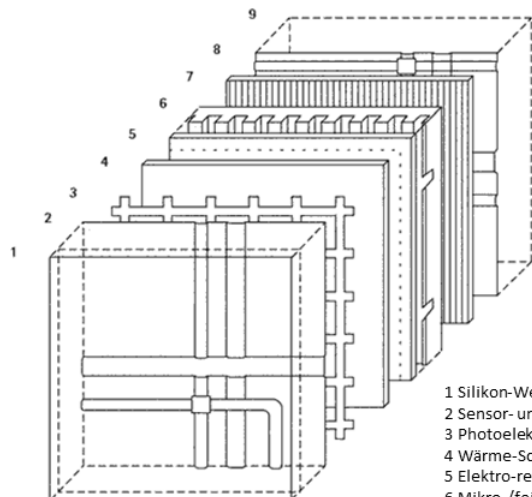
*Cité de refuge, Paris, F,
1933, Le Corbusier*



*Cité de refuge, Paris, F,
1952/1975/2016*

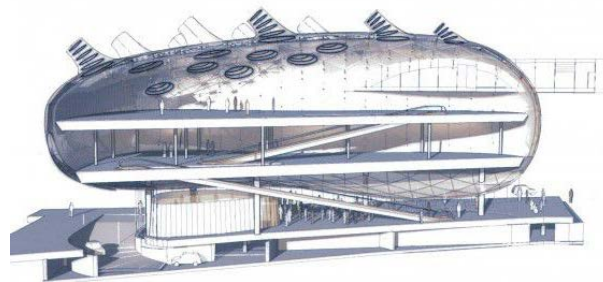
Multifunktionsfassaden

1980er Jahre – polyvalente Wand



- 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

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



Kunsthhaus, Graz, A, 2000, Cook & Fournier



Kunsthhaus, Graz, A, 2003, Cook & Fournier



Multifunktionsfassaden

2000er Jahre - Metallfassadenkonzepte



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Schüco E² - Fassade, abgekündigt 2014, © Schüco International KG



Wicona TEmotion Fassade © Hydro Building Systems GmbH

Multifunktionsfassaden

2000er Jahre - Metallfassadenkonzepte



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



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

Multifunktionsfassaden

2010er Jahre - Holzfassadenkonzepte



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



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



Multifunktionsfassaden

Einschränkungen

Komplexität

Haftung

Ökobilanz

Sanierung

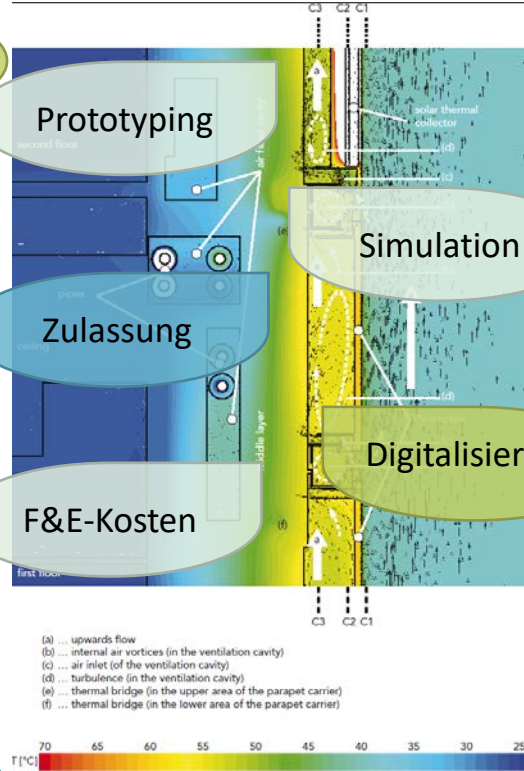
Gestaltung

Gewicht

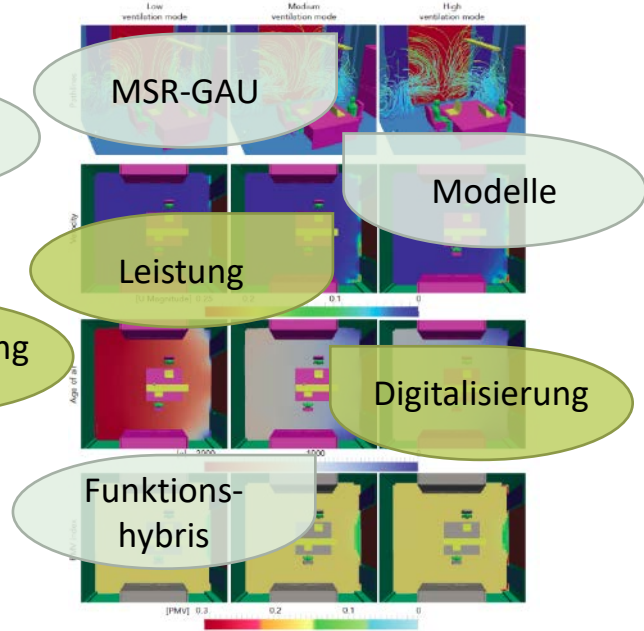
Performance

Integralität

Kosten



COMET-K-Projekt mppf, CFD-Simulation Fassade
© IWT – TU GRAZ



COMET-K-Projekt mppf, Simulation Raumluftqualität
Fassadenlüftung abhängig vStrömung © AIT

multifunktionale Gebäudehüllen

Grundfunktionen der Gebäudehülle

Servicefunktionen

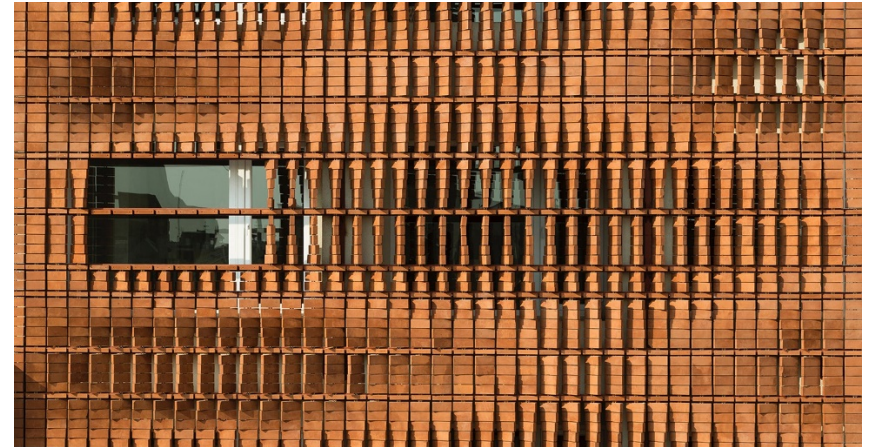
- Raumabschluss
- Außenraumbezug
- natürliche Belichtung und Beschattung
- natürliches Lüften

Schutzfunktionen

- Klimaregulierung
- Schallschutz
- Brandschutz
- Schutz der Konstruktion / Dauerhaftigkeit

Ressourcenoptimierung

baukünstlerische Gestaltung



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

multifunktionale Gebäudehüllen

Erweiterte Funktionen der Gebäudehülle

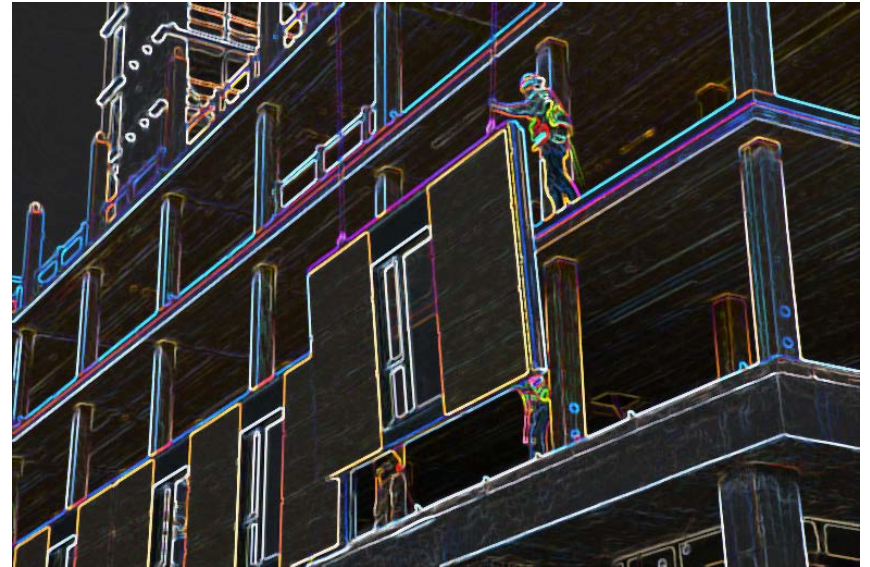
Servicefunktionen

- Energiegewinnung (GIPV / GIST)
- Tageslicht & Kunstlicht
- (teil-)autonomes Heizen, Kühlen, Lüften
- Bauteilaktivierung
- thermische & elektrische Speicher
- MSR

Vorfertigung

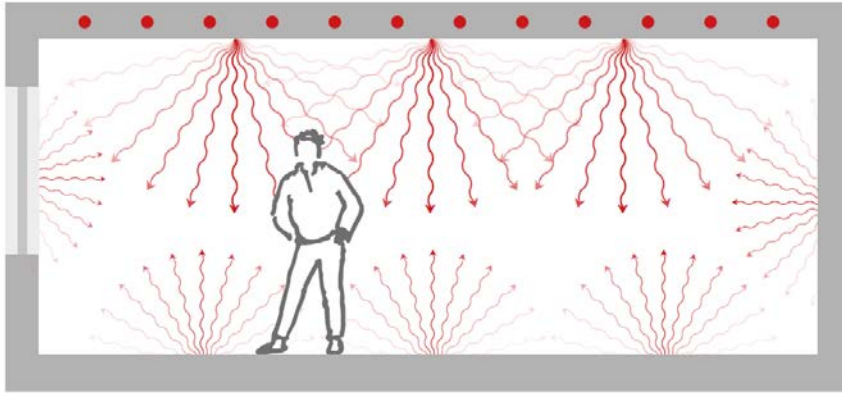
- Gewerkeintegration
- Fertigungsqualität & Qualitätskontrolle
- Vermeiden baustelleninduzierter Mängel
- kurze Bauzeit

Sanierung & Nachverdichtung



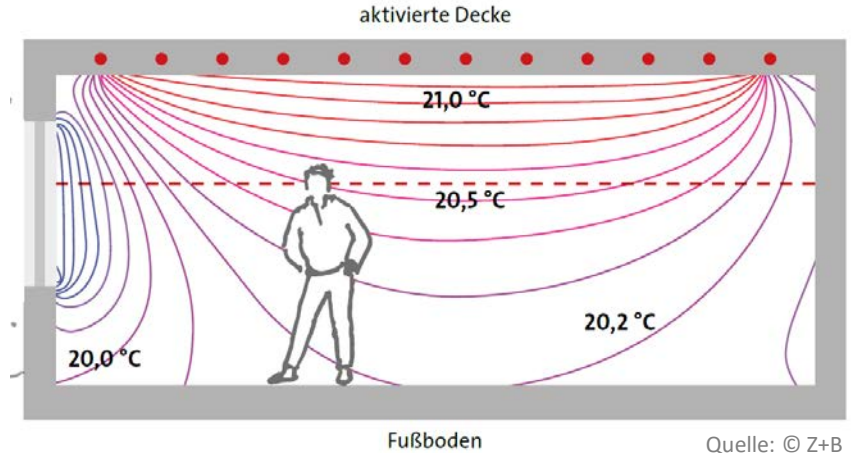
Holzaktivierung

Grundlagen



Quelle: © Z+B

Jeder Punkt der aktivierten Decke oder des aktivierten Bauteils strahlt halbkugelförmig Wärme in den Raum ab.



Quelle: © Z+B

Die Temperaturverteilung mit einer aktivierten Decke im Heizfall.

Holzaktivierung

Grundlagen Wärmeübergang

Anwendungsfall	α W/(m ² · K)	$\Delta R_{\alpha} = 1/\alpha - 1/10,8$ m ² · K/W
Fußbodenheizung	10,8	0,000 0
Fußbodenkühlung	6,5	0,061 3
Wandheizung	8	0,032 4
Wandkühlung	8	0,032 4
Deckenheizung	6,5	0,061 3
Deckenkühlung	10,8	0,000 0

Abb: Wärmeübergang Quelle: ÖNORM EN 1264-5, 2020

Der Wärmeübergang ist durch eine Wandaktivierung im Vergleich zur Deckenaktivierung im Heizbetrieb um 1,5 W/m²K geringer und im Kühlbetrieb um 2,8 W/m²K größer.

Holzaktivierung

Grundlagen Stoffeigenschaften

Tabelle: Thermophysikalische Stoffwerte in Anlehnung an Sterner & Stadler (2017) und Hannoschöck (2018)

<i>Medium</i>			<i>Wasser</i>	<i>Stahlbeton</i>	<i>Holz</i>	<i>Holzverbundwerkstoffe</i>	<i>Vollziegel</i>
<i>Dichte</i>	ρ	kg/m ³	998	1900-2300	140-	250-900	1800-2400
					745		
<i>Spez. Wärmekapazität</i>	c_p	kJ/kgK	4,19	0,88	1,235	1,235-1,700	0,94
<i>Wärmeleitfähigkeit</i>	λ	W/mK	0,562	2,1	0,09- 0,17	0,07-0,18	0,8-1,4
<i>Volumetrische Wärmekapazität</i>	c	kJ/(m ³ K)	4182	1672-2024	173- 920	309-1530	1692-2256

Durch die Verwendung anderer Holzarten (z.B. Buche) in der raumseitigen Deckenebene (4cm) kann eine bessere Wärmespeicherung- und Übertragung im Vergleich zu Holzverbundwerkstoffe aus Fichte/Tanne erreicht werden.

- **9 Prüflingsvarianten**
- **Überdeckungsstärken**
 - Holz: 6 cm, 4cm, 3 cm
- **Rohrabstand 20 cm**
- **Verschiedene Einbringungsarten**
 - Bündig
 - Kapillarrohrrmatte
 - Wärmeleitblech

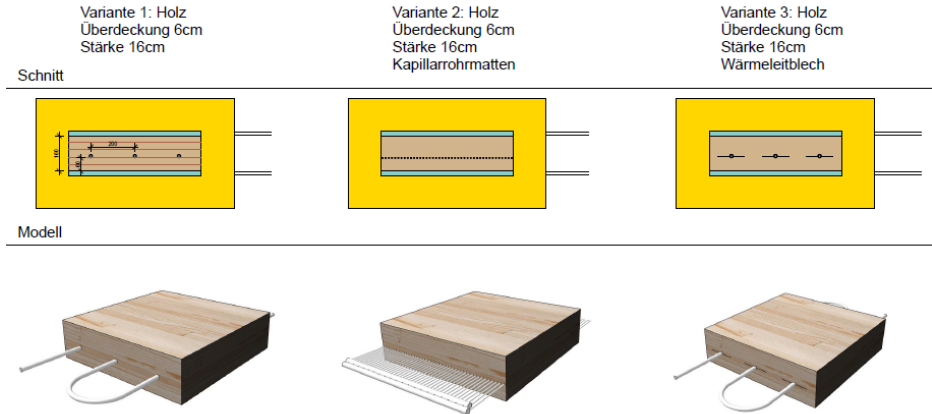
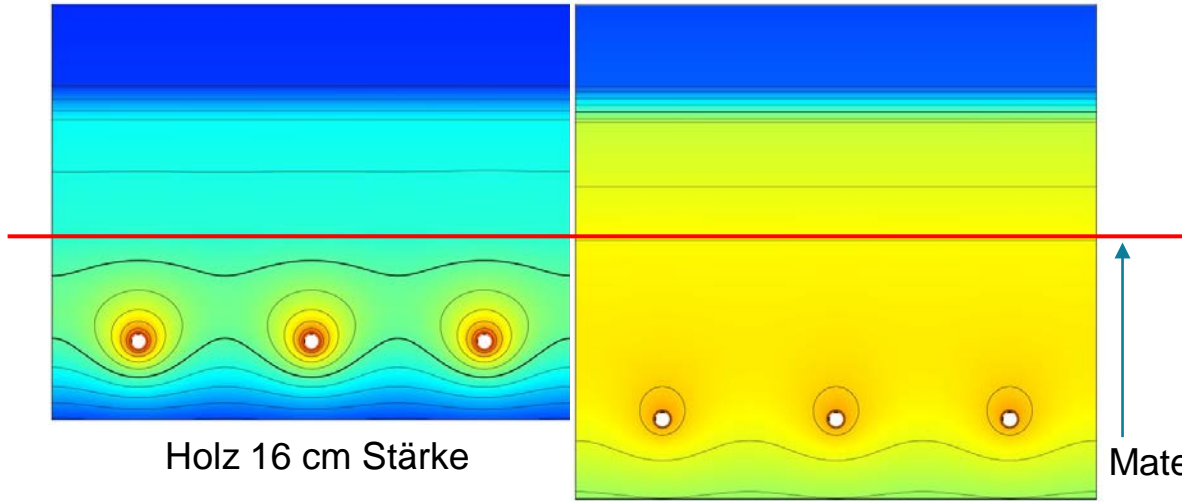


Abb: Prüflingsvarianten aus Holz zur messtechnischen Untersuchung

Holzaktivierung

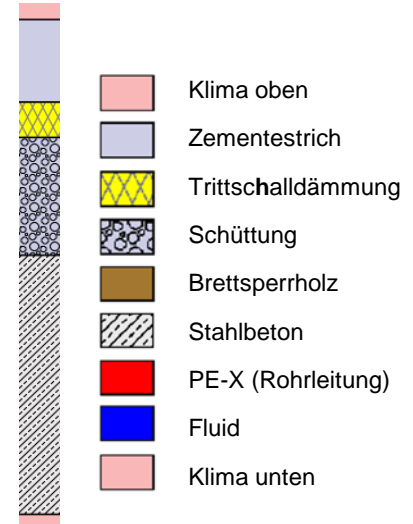
Simulationsergebnisse



Holz 16 cm Stärke

Beton 22 cm Stärke

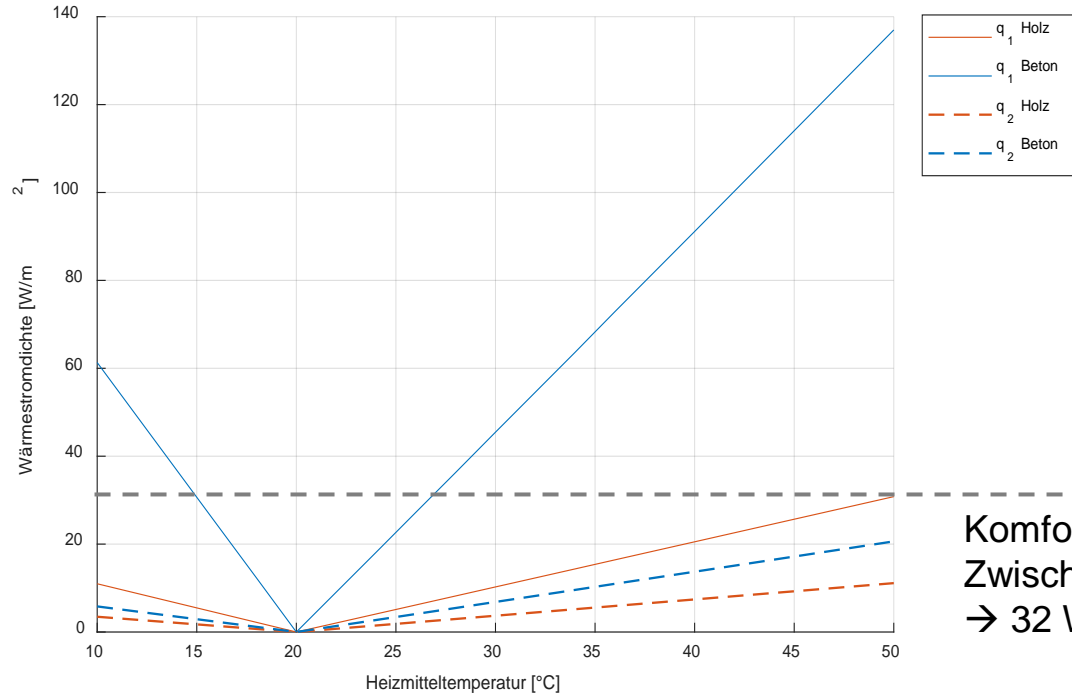
Gegenüberstellung Holzaktivierung/Betonaktivierung



- Wichtigste Parameter:
- Temperatur = 30 °C
 - Einbringung: bündig
 - Rohrabstand = 20 cm

Holzaktivierung

Simulationsergebnisse



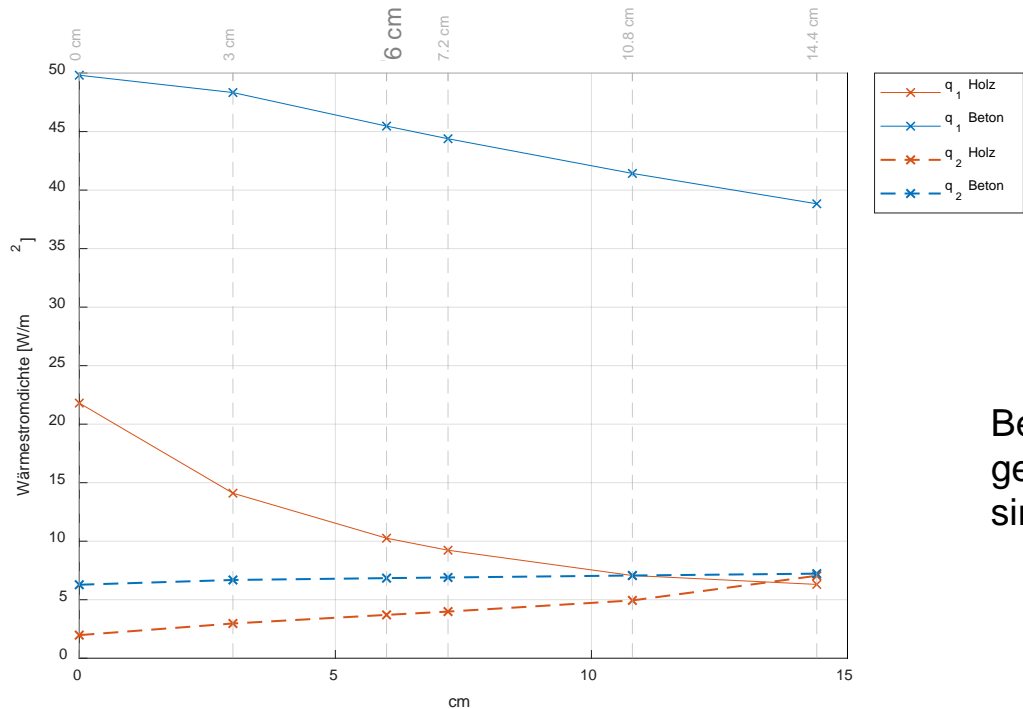
Wichtigste Parameter:

- Überdeckung = 6 cm
- $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- Einbringung: bündig
- Rohrabstand = 15 cm

Komfortkriterium: max. 4 K Temperaturdifferenz
Zwischen Oberflächen- und Raumlufttemperatur
→ 32 W/m²

Holzaktivierung

Simulationsergebnisse



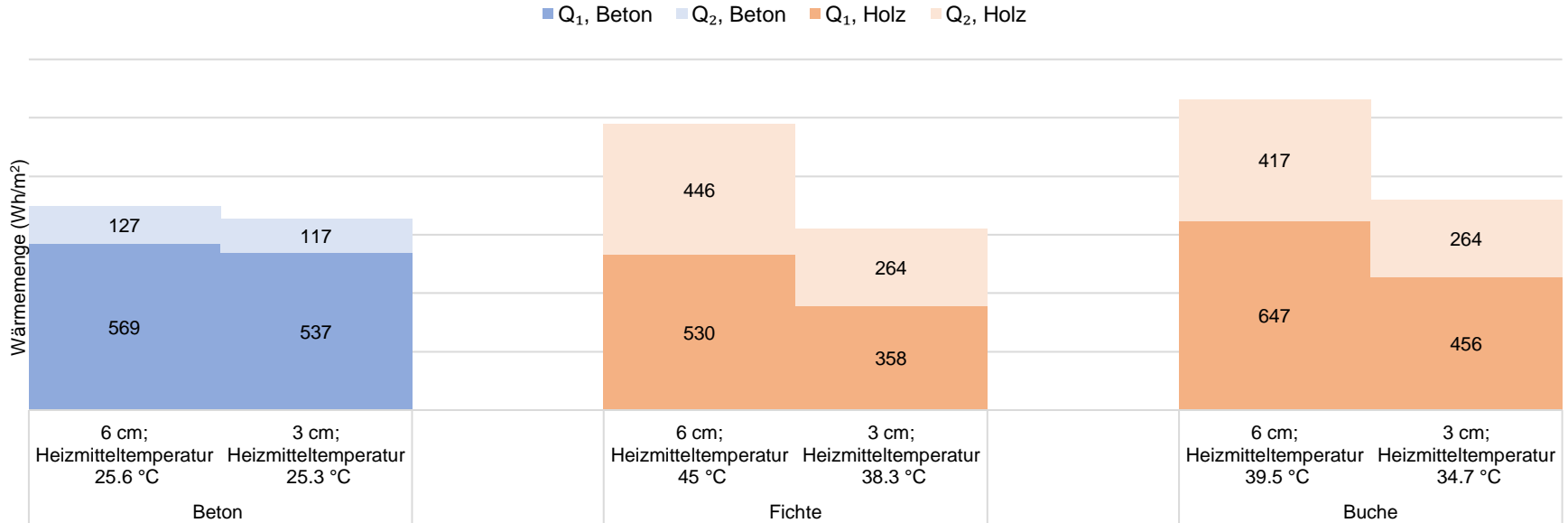
Wichtigste Parameter:

- Überdeckung = 6 cm
- $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- Einbringung: bündig
- Rohrabstand = 15 cm

Bei der Holzaktivierung ist eine geringe Überdeckung (bis 4cm) sinnvoll.

Holzaktivierung

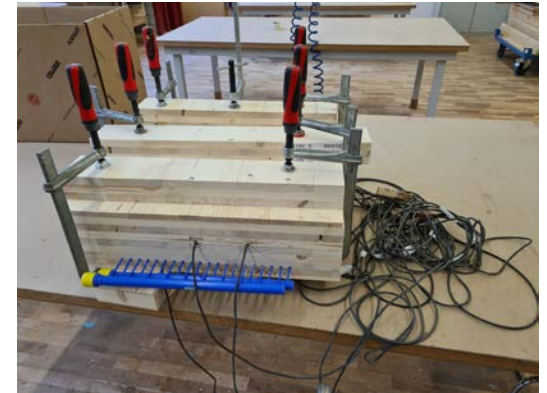
Simulationsergebnisse



Ausgangsbedingung: Gleiche Wärmestromdichte mit 26 W/m² in allen Varianten

Zeigt die mögliche Wärmestrommenge sowie die benötigte Vorlauftemperatur, um eine Wärmestromdichte von 26 W/m² zu erreichen

- Ausreichend hohe Wärmeabgabeleistung für Gebäude mit guter thermischer Hülle erzielbar
- Höhere Fluidtemperaturen als im Beton notwendig, und auch möglich
- Auswahl der Systemparameter hat einen hohen Einfluss auf die Wärmeabgabeleistung
- Hohe thermische Speicherfähigkeit im Holz vorhanden
- Industrielle Vorfertigung möglich

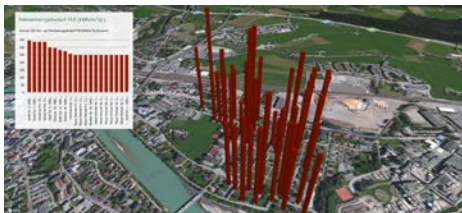


Bauteilaktivierung in der Sanierung

Projektübersicht

Smart City Hallein

Sondierungsprojekt,
Integrative Entwicklung
von Modernisierungs-
maßnahmen am Beispiel
der Burgfriedsiedlung
Hallein



Smart Skin

Salzburger
Multifunktionsfassade -
Entwicklung eines
Prototypen zur Sanierung
von Bestandsgebäuden



Wohnen findet Stadt!

Smart City Demoprojekt: Umsetzung der
Salzburger Multifunktionsfassade an
einem Gebäude der Burgfriedsiedlung



Quelle: Alle: FH-Salzburg

Bauteilaktivierung in der Sanierung

Smart City Hallein - Sondierung



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

Hallein

- 20km südlich Stadt Salzburg
- Bezirkshauptstadt Tennengau

Burgfriedsiedlung

Errichtungszeitraum: 1930-1960

Charakteristik

- starke Verkehrsbelastung
- hohe Schall- und Schadstoffemissionen
- hoher Grünraumanteil
- Überalterung
- inhomogene Haustechniksysteme
- unzureichender Sanierungsstand



Quelle: Architekt Paul Schweizer

Bauteilaktivierung in der Sanierung

Smart Skin – Salzburger Multifunktionsfassade

Entwicklung eines Sanierungswandaufbaus

- Schonung des Bestandes
- Mieter müssen nicht abgesiedelt werden
- Kooperation mit lokalen Unternehmen
- Hoher Vorfertigungsgrad

Funktionen

- Schallschutzfassade
- Wärmedämmung
- Heizung durch Bauteilaktivierung



Quelle: Architekt Paul Schweizer

Bauteilaktivierung in der Sanierung

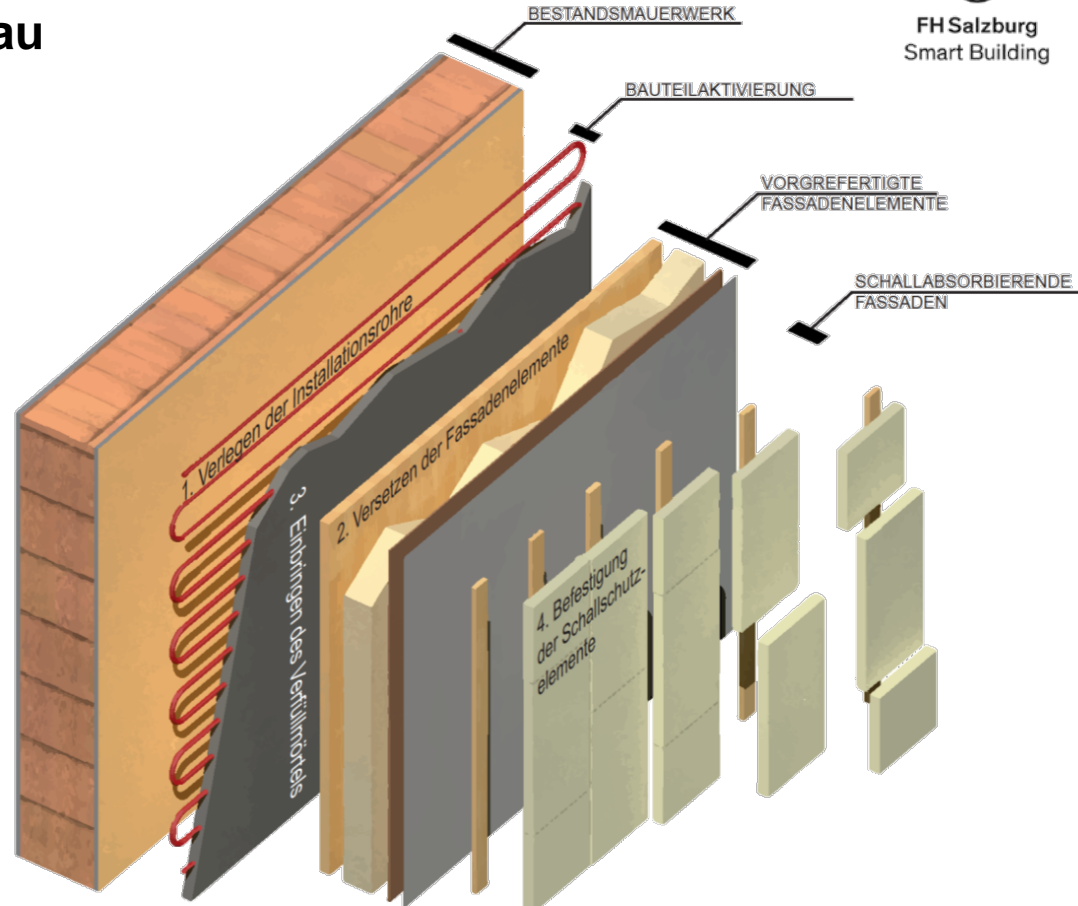
Fassadenaufbau



FH Salzburg
Smart Building

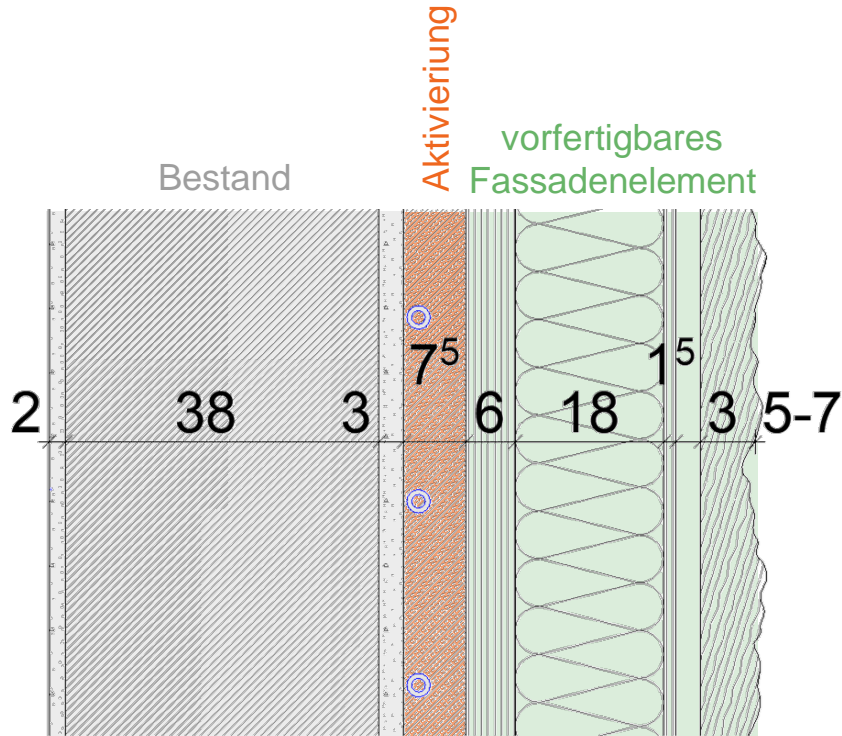


ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Fassadenaufbau



Materialschicht	d [m]	λ [W/mK] Datenbl.	ρ [kg/m ³]
Vollziegelmauerwerk	0,38	0,65	1500
Kalkzementputz	0,03	0,7	1600
Verfüllmörtel	0,075	0,9-1,4	1970
Brettsperrholz	0,06	0,12	475
Riegel	0,18	0,12	475
dazw. Zelluloseeinblasdämmung	0,18	0,038	54
Holzfaserverplatte	0,015	0,12	475
Winddichtung	0,0006	0,22	170
Lattung	0,03		
dazw. Luft			
Schallabsorptionsplatte	0,05-0,08		750

Materialkennwerte des sanierten Wandaufbaus (eigene Darstellung)

Bauteilaktivierung in der Sanierung

Wohnen findet Stadt! – Smart City Demo Projekt

Praxiseinsatz Fassadensystem

Schonung/Erhalt des Bestandes

- Sanierung Bestands-Bäder
- Mieter bleiben während gesamter Bauzeit im Gebäude
- sozialwissenschaftliche Begleitung
- Errichtung Balkone

Schaffung von zusätzlichem Wohnraum

- Aufstockung vollständig Barrierefrei
- 7 zusätzliche Wohneinheiten

Persönliche Nutzereinschulung für Heizsystem



Quelle: FH Salzburg

Bauteilaktivierung in der Sanierung Errichtung



Quelle: Alle: FH Salzburg

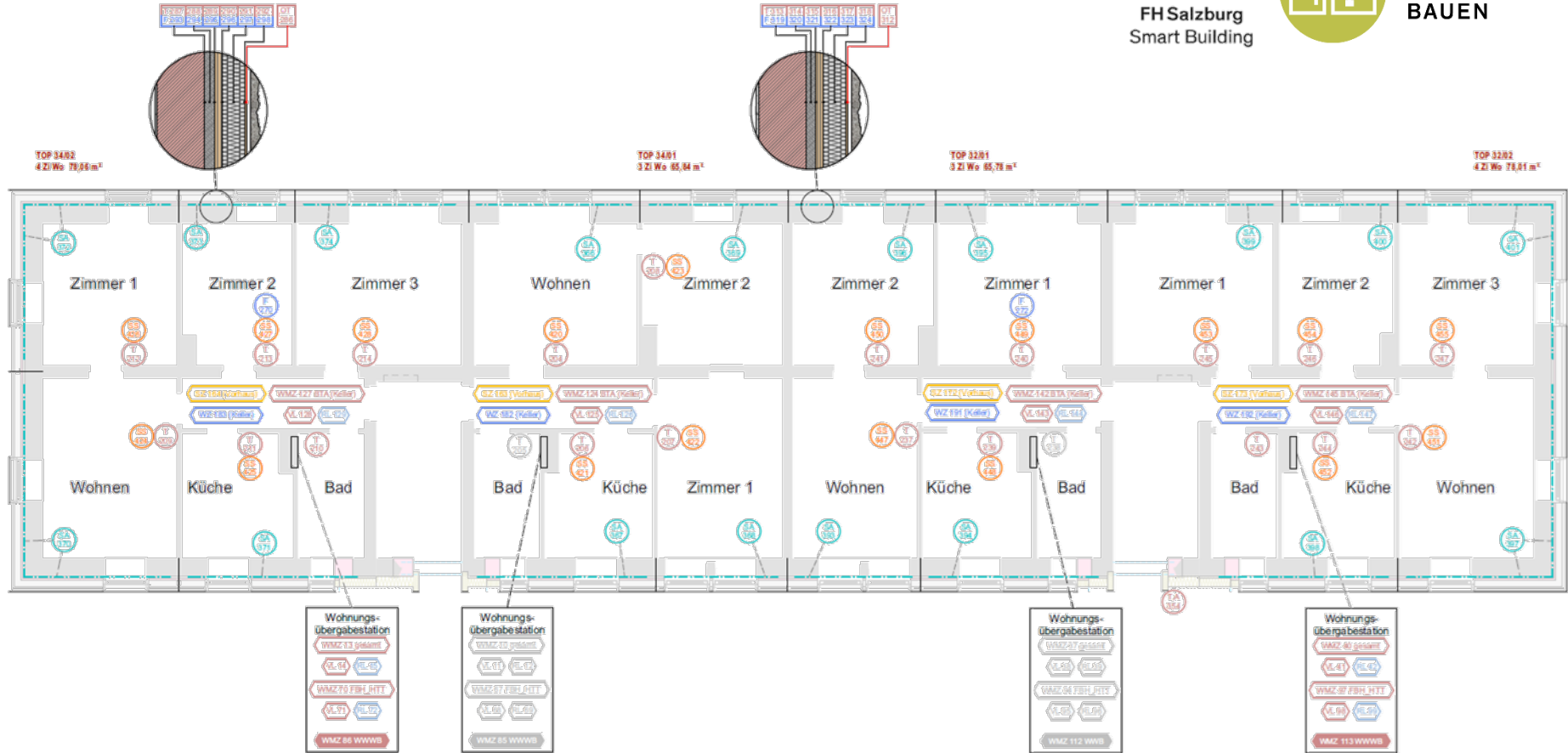
Bauteilaktivierung in der Sanierung



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Verbrauchsreduktion

Heizperiode 19/20

Verbrauchsreduktion um 45 %

Nutzerverhalten

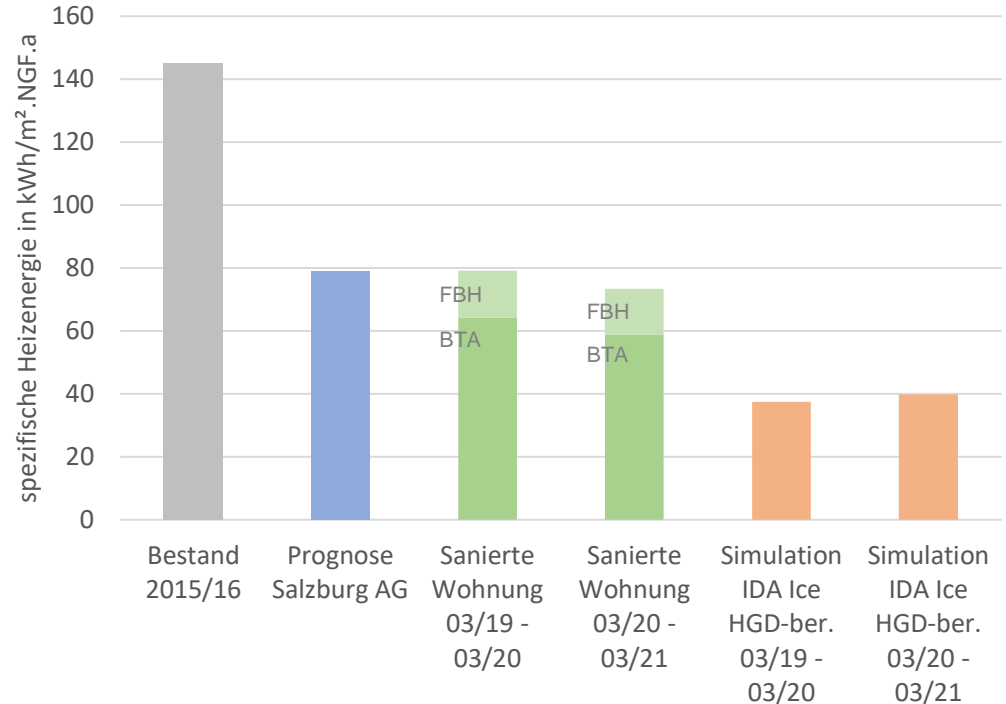
- dauergekippte Fenster
- höhere Innenraumtemperaturen
als Simulationsbasis
- fehlende Sommerschaltung
- weiterer hydraulischer Abgleich
- Optimierungen der Regelung

Heizperiode 20/21

Verbrauchsreduktion um 50 %

HWB- Reduktion

136,2 kWh/m²a auf 29,4 kWh/m²a



Gebäudeteil Sanierung
Temp. Räume = 23,1 °C

Bauteilaktivierung in der Sanierung

Die Salzburger Multifunktionsfassade

Sanierung abgeschlossen

Datenauswertung laufend

- Anpassen Regelstrategie
- Validierungsprozesse Gebäudesimulation

Optimierungspotential

- Varianten Rohrmaterialien (z. B. Kapillarrohrmatten)
- Befestigungstechnik Rohre
- Optimierung Wärmeübertragung
- Reduktion Aufbau
- Erhöhung Vorfertigungsgrad
- Wirtschaftlichkeit
- Erweiterung um Kühlfunktion



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Die Salzburger Multifunktionsfassade



Projektbeteiligte Smart Cities Sondierung und 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



STADT HALLEIN

multifunktionale Gebäudehüllen

Versuchsgebäude & Prüfstand Twin²Sim

Manipulation

Prototypenbau
Einbau
Messtechnik

Versuchsflächen Photovoltaik und Solarthermie

BIPV / BAPV
BIST /BAST
Langzeitverhalten

Gebäudehüllen- prüfstand

Behaglichkeit
Wärme- & Feuchteschutz
Schallschutz
Bauteilaktivierung
Luftströmung & Lüftung
Tageslicht
Integrierte Gebäudetechnik
Heizung & Kühlung
Digitaler Zwilling

Versuchsflächen Photovoltaik und Solarthermie

BIPV / BAPV
BIST /BAST
Langzeitverhalten

Multifunktions- labor

Kleinversuche
Messungen

Versuchsraum Wasserstoff

Power2Gas
Brennstoffzelle

Versuchsflächen Photovoltaik und Solarthermie

BIPV & BIST
Langzeitverhalten

Versuchsräume Gebäudetechnik

Behaglichkeit
Bauteilaktivierung
Luftströmung & Lüftung
Heizung & Kühlung
Abgabesysteme
Integrierte Gebäudetechnik
Automation
Digitaler Zwilling

Versuchsräume Fassade

Behaglichkeit
Wärme- und
Feuchteschutz
Bauteilaktivierung
Lüftung
Tageslicht
Integrierte
Gebäudetechnik
Digitaler Zwilling

ANSICHT SW / Schema

© LP architektur ZT GmbH | FH Salzburg

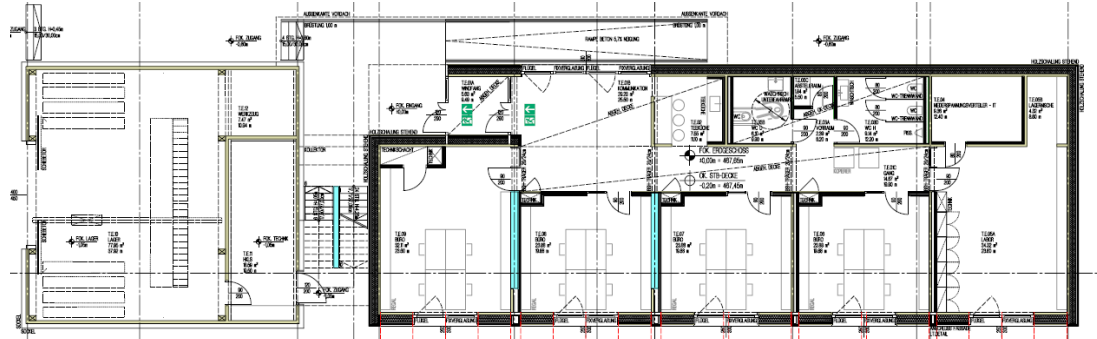
multifunktionale Gebäudehüllen

Versuchsgebäude

komplexe Gebäudehüllen
komplexe Wechselwirkung
Bauteile | Raum
gebäudetechnische Systeme

Untersuchungsziele

- Behaglichkeit
- Wärme | Feuchte | Schall |
Strömung
- Modellbildung | Simulation |
Digitaler Zwilling
- **lange Prüfdauer**

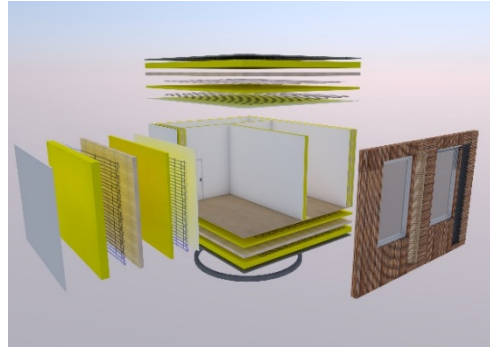


multifunktionale Gebäudehüllen

Prüfstand

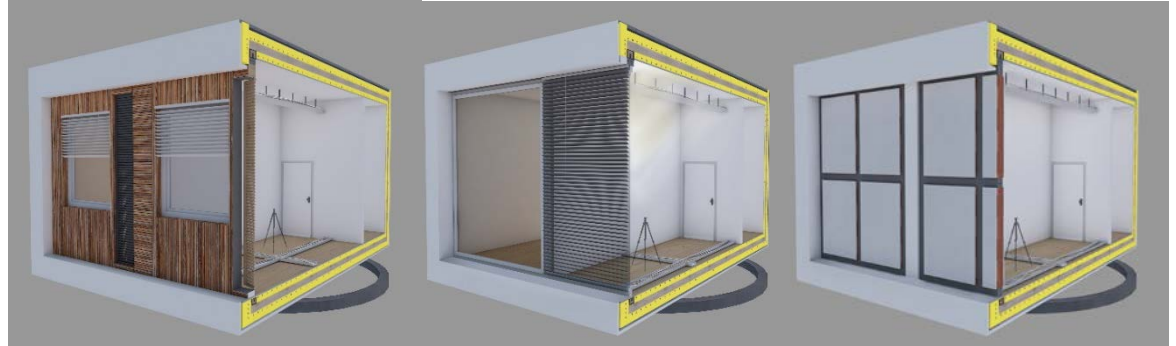
komplexe Gebäudehüllen

- neue Werkstoffe
- Multifunktionsfassaden
- Wechselwirkung Bauteile/Raum
- Automation Smart Facades



Untersuchungsziele

- Behaglichkeit
- Wärme | Feuchte | Schall | Strömung
- Modellbildung | Simulation | Digitaler Zwilling
- **relativ kurze Prüfdauer**



FH.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr. **Michael Grobbauer**
Leiter Zentrum Alpines Bauen
Zentrum Alpines Bauen

www.alpinesbauen.at
+43-(0)50-2211-2714
michael.grobbauer@fh-salzburg.ac.at

Dipl.-Ing. **Matthias Gnigler**, B.Sc.
Researcher
Zentrum Alpines Bauen

www.alpinesbauen.at
+43-(0)50-2211-2703
matthias.gnigler@fh-salzburg.ac.at

Dipl.-Ing. **Michael Moltinger**, B.Sc.
Junior Researcher
Smart Building

<https://www.fh-salzburg.ac.at/forschung/forschungsgruppen/smart-building-und-smart-city>
+43-50-2211-2718
michael.moltinger@fh-salzburg.ac.at



FH Salzburg

R S A F G

Research Studio **iSPACE**

INTELLIGENTE
GEBÄUDEHÜLLEN



INTELLIGENTE
ENERGIESYSTEME

**ZENTRUM
ALPINES
BAUEN**

SIMULATION VON
SIEDLUNGSSYSTEMEN



Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung. Österreich.



**LAND
SALZBURG**



**ZENTRUM
ALPINES
BAUEN**