



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

MULTIFUNKTIONALE GEBÄUDEHÜLLEN

Forschungssplitter FH Salzburg

Live-Fach-Webinar Fassadenbau
Fachhochschule Kärnten

Matthias Gnigler
Michael Moltinger
Michael Grobbauer



Multifunktionsfassaden

Moderne



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

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

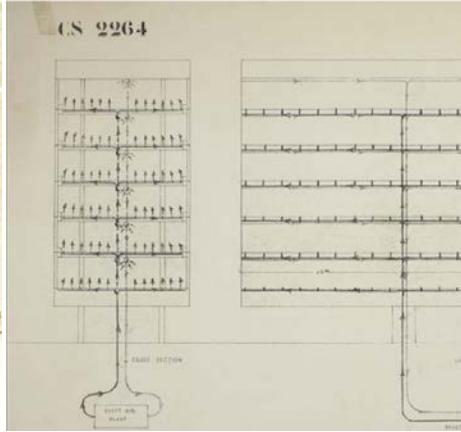
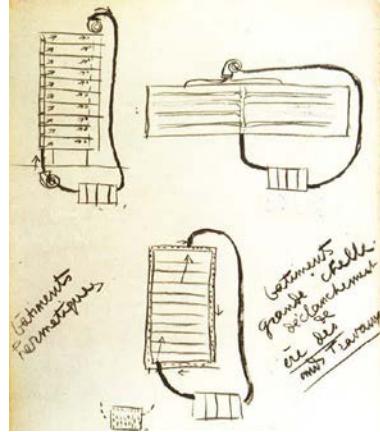
Moderne



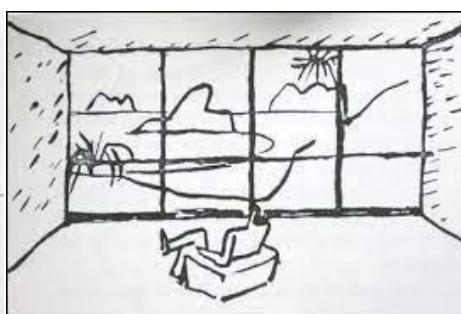
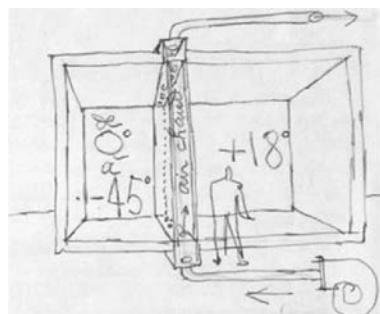
FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



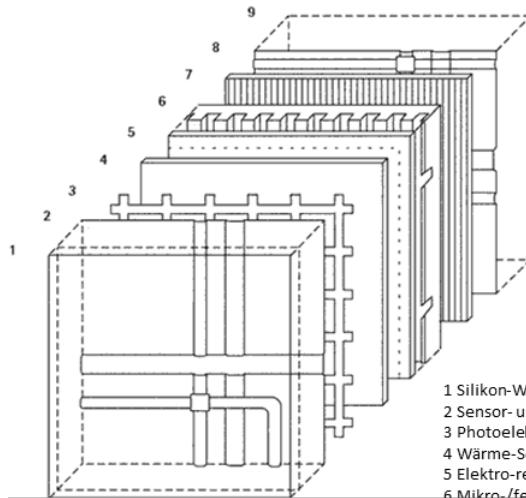
Cité de refuge, Paris, F,
1933, Le Corbusier



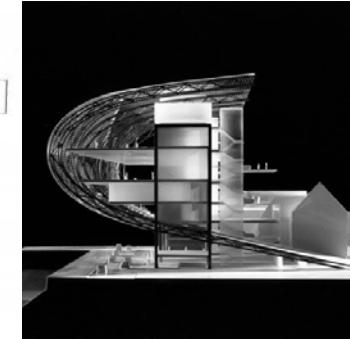
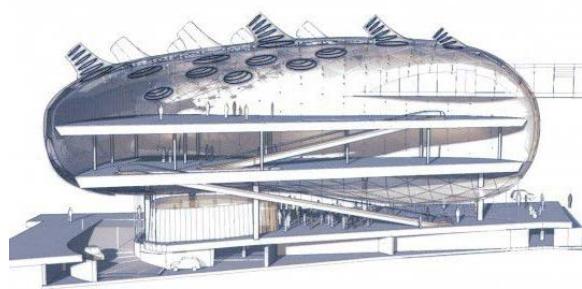
Cité de refuge, Paris, F,
1952/1975/2016

Multifunktionsfassaden

1980er Jahre – polyvalente Wand



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



Kunsthaus, Graz, A, 2000, Cook & Fournier



Kunsthaus, 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



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

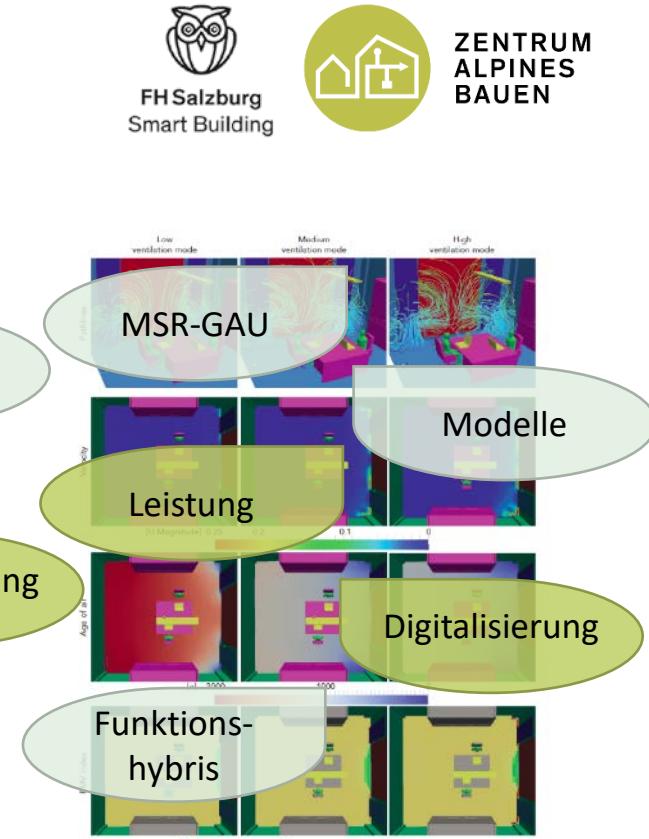
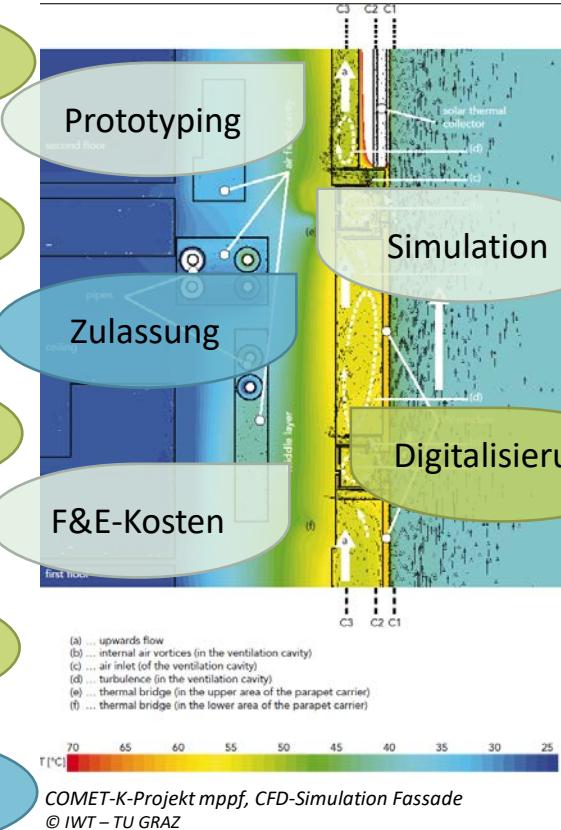
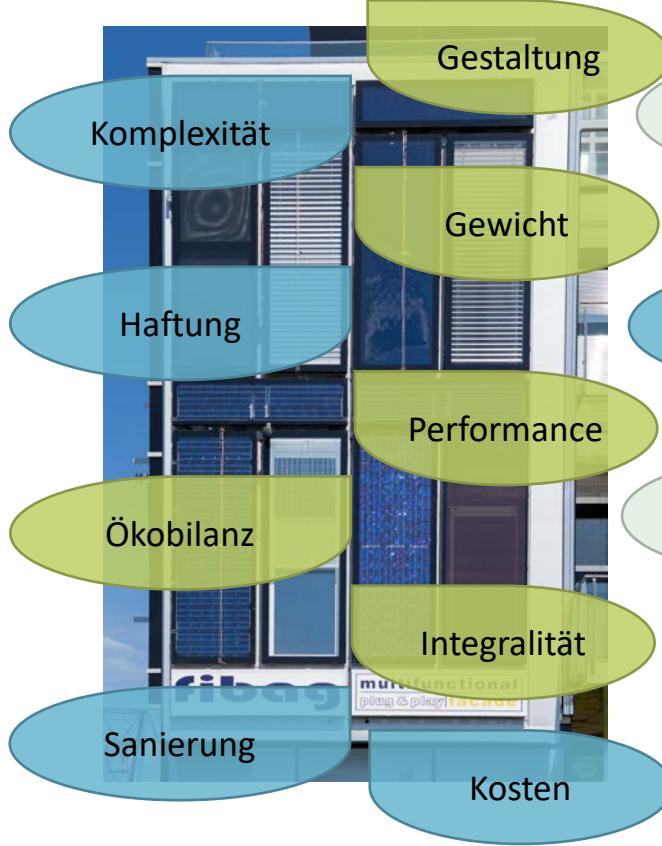


FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

Multifunktionsfassaden Einschränkungen



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



FH Salzburg
Smart Building



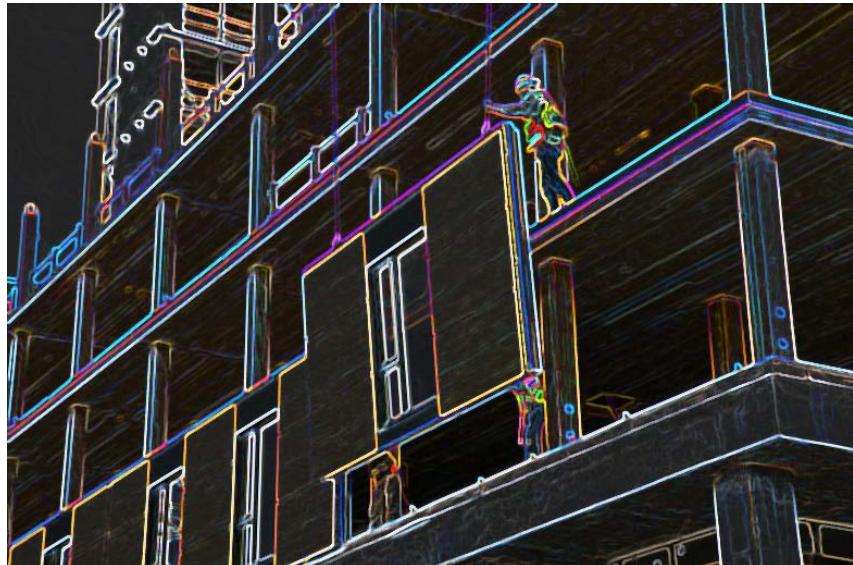
ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

Servicefunktionen

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

Vorfertigung

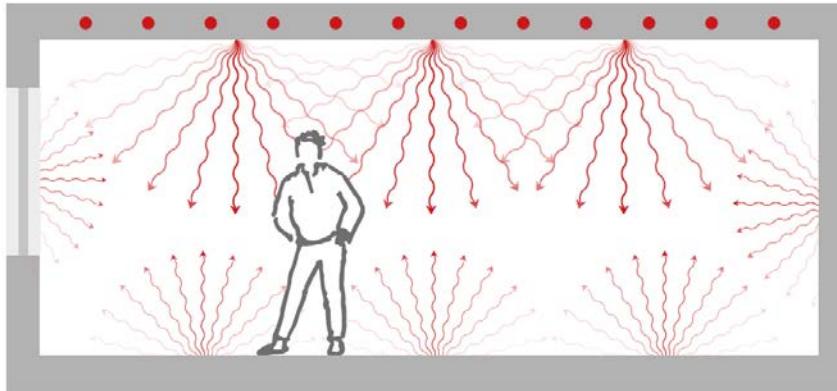
- Gewerkeintegration
- Fertigungsqualität & Qualitätskontrolle
- Vermeiden baustelleninduzierter Mängel
- kurze Bauzeit



Sanierung & Nachverdichtung

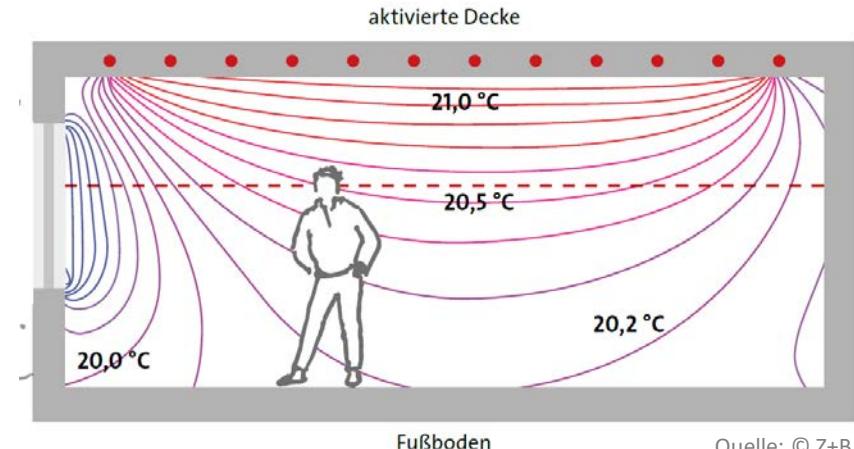
Holzaktivierung

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 aktivierte 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



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

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

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

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

Holzaktivierung

Grundlagenforschung | Simulationen | Praxisversuche



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

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

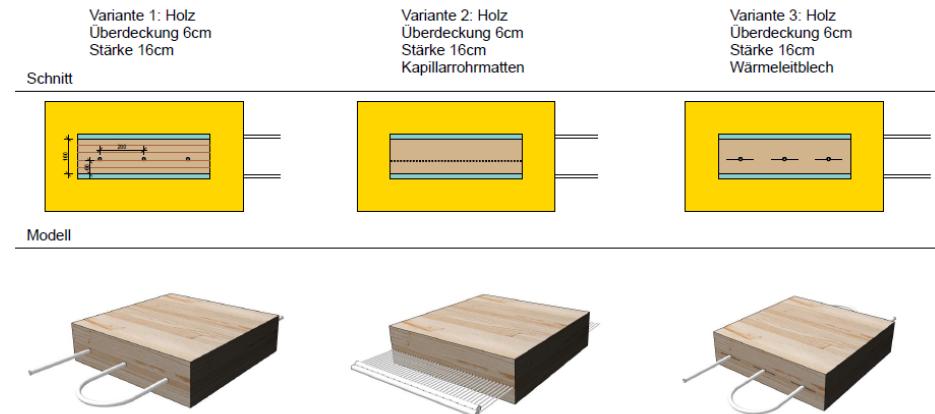
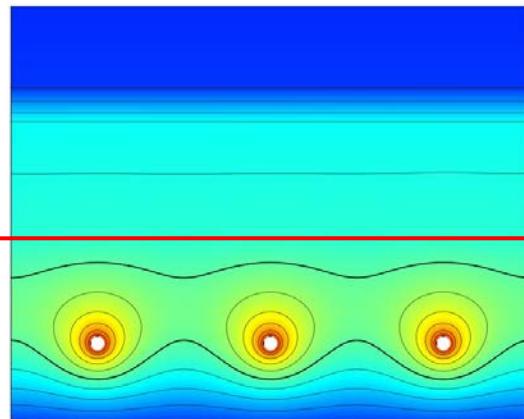


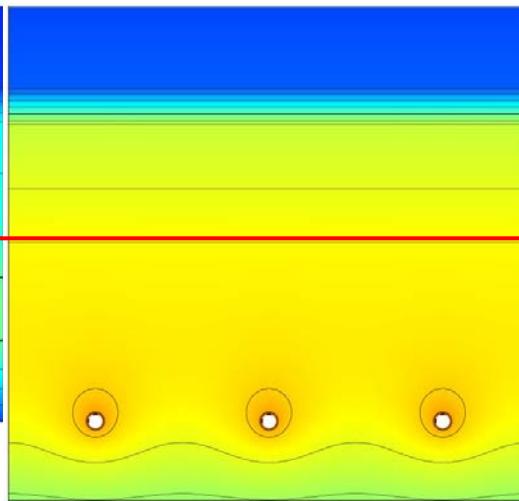
Abb: Prüflingsvarianten aus Holz zur messtechnischen Untersuchung

Holzaktivierung

Simulationsergebnisse

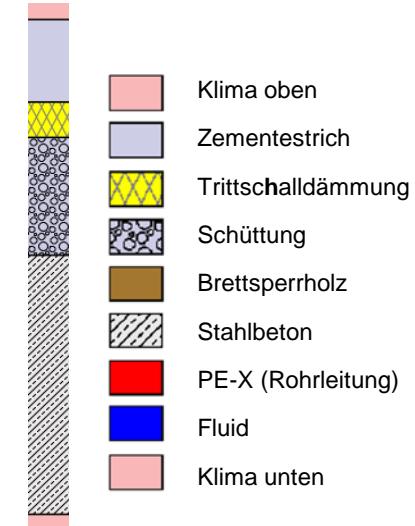


Holz 16 cm Stärke



Beton 22 cm Stärke

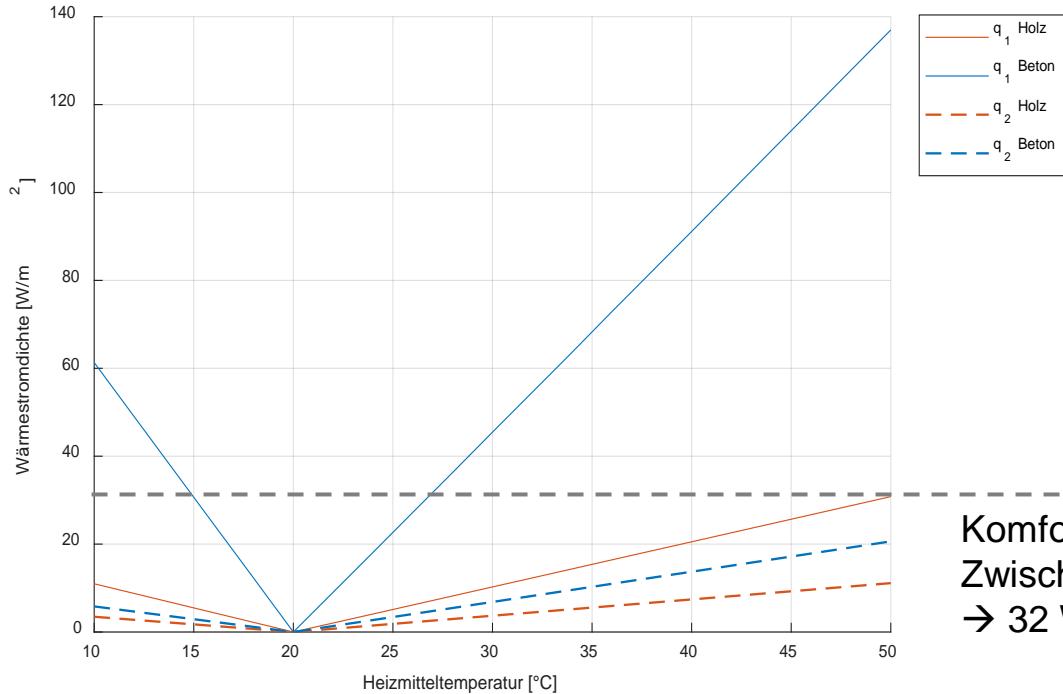
Gegenüberstellung Holzaktivierung/Betonaktivierung



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

Holzaktivierung

Simulationsergebnisse



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

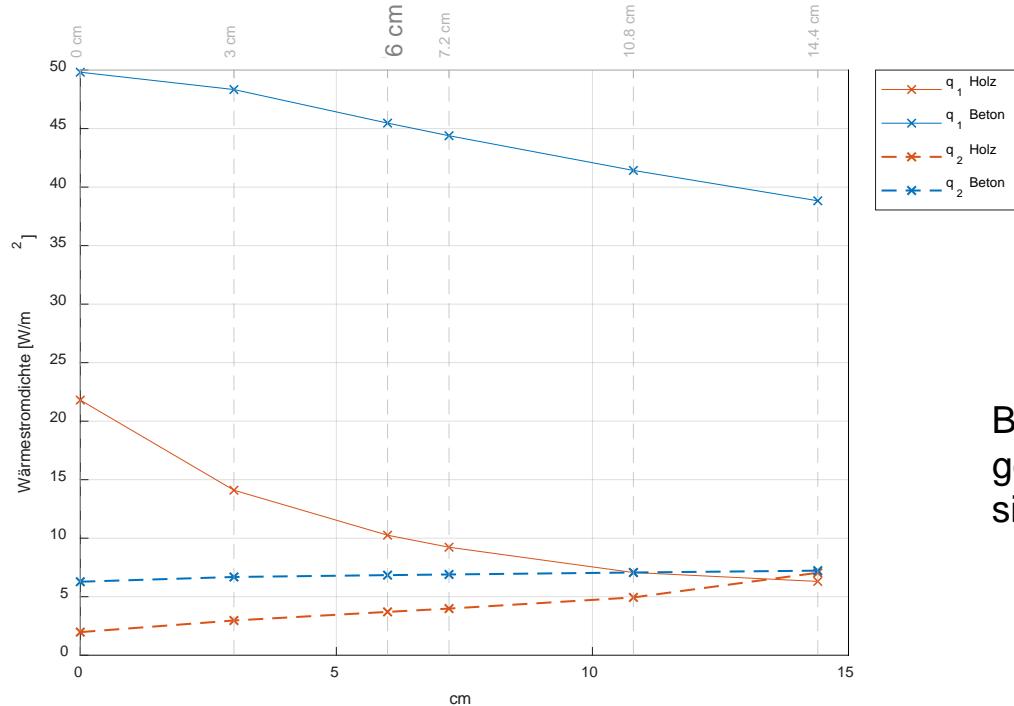
Wichtigste Parameter:

- 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

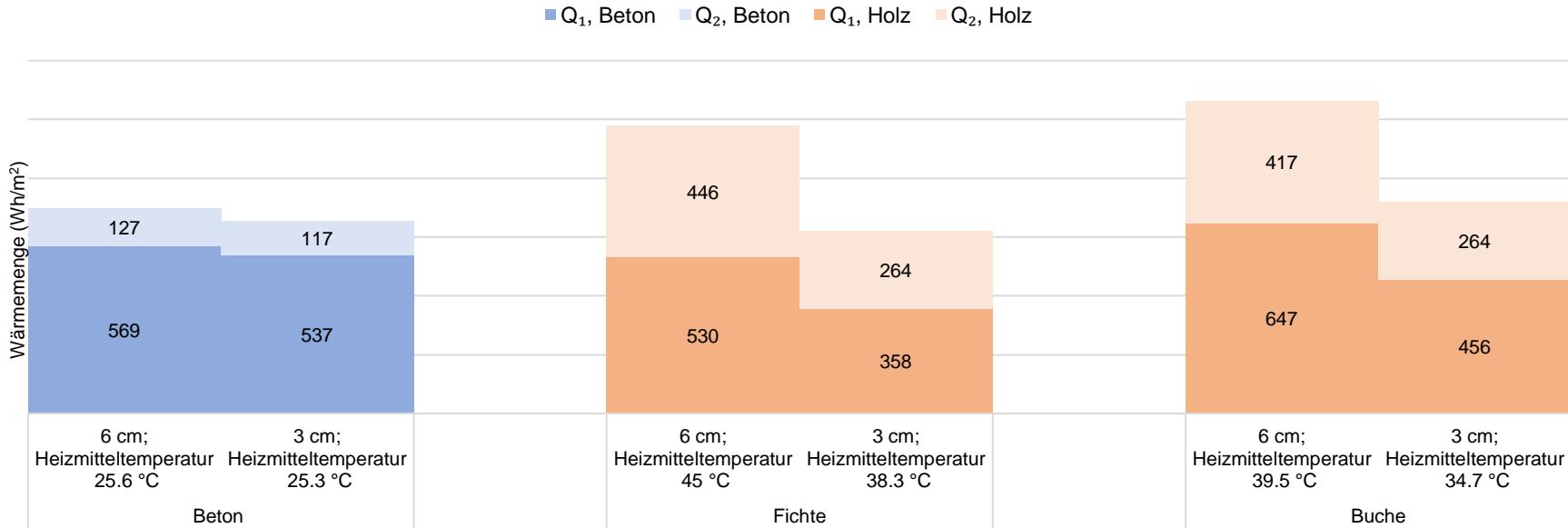
Simulationsergebnisse



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



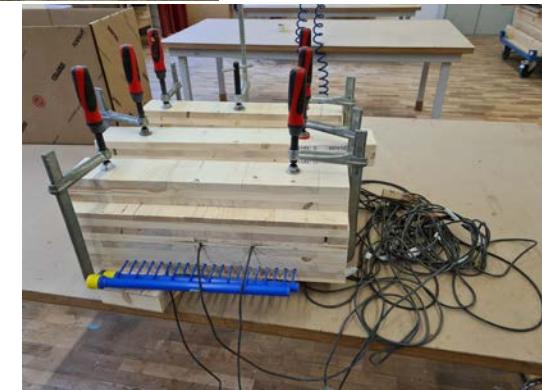
Ausgangsbedingung: Gleiche Wärmestromdichte mit 26 W/m² in allen Varianten

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

Holzaktivierung

Resümee

- 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

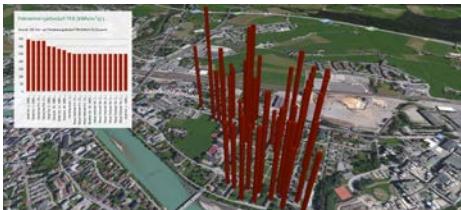


Bauteilaktivierung in der Sanierung

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 Bestandsgesäuden



Wohnen findet Stadt!

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



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

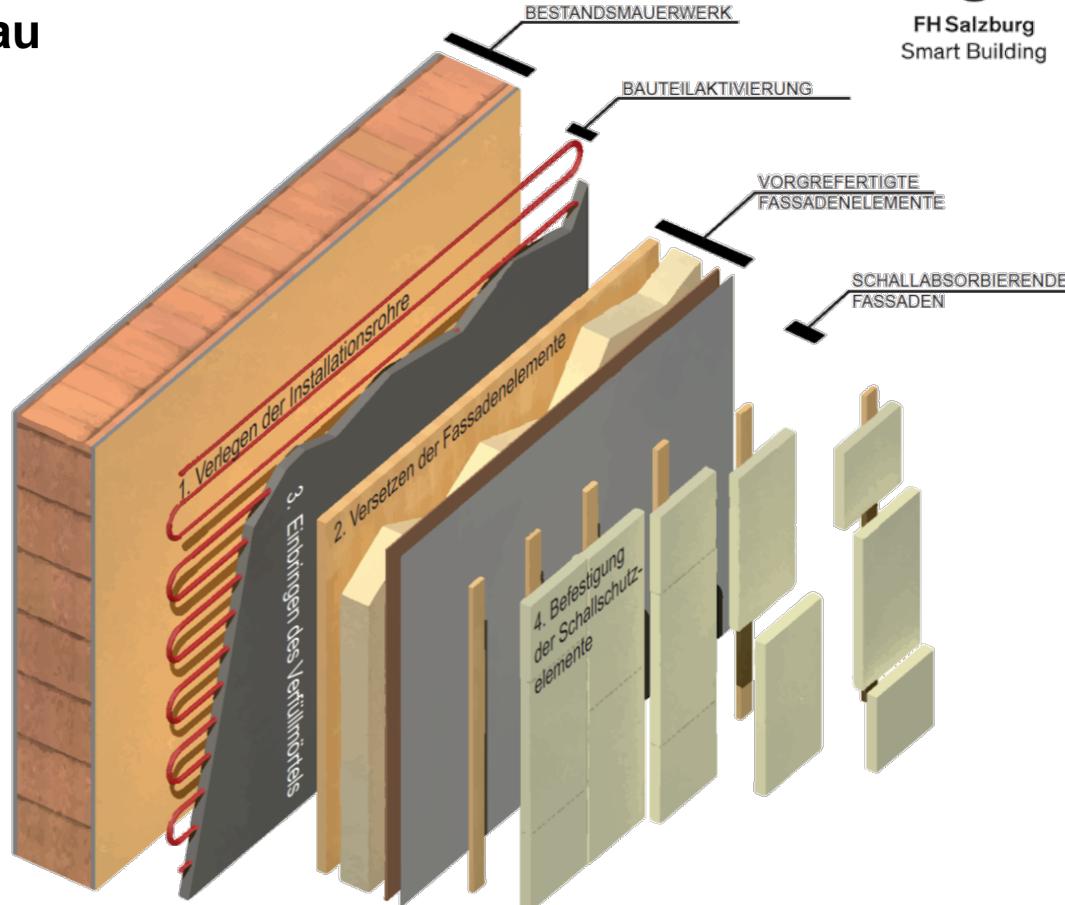
Fassadenaufbau



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Bauteilaktivierung in der Sanierung

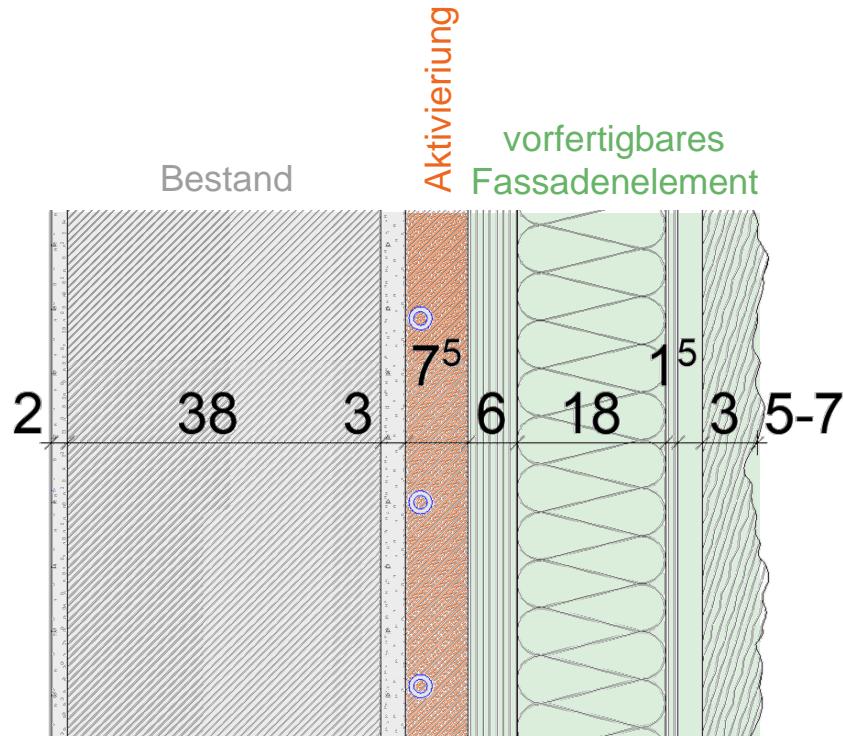
Fassadenaufbau



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Materialschicht	d [m]	λ [W/mK] Datenbl.	ρ [kg/m³]
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
Holzfaserplatte	0,015	0,12	475
Winddichtung	0,0006	0,22	170
Lattung dazw. Luft	0,03		
Schallabsorptionsplatte	0,05-0,08		750
Materialkennwerte des sanierten Wandaufbaus (eigene Darstellung)			

Bauteilaktivierung in der Sanierung

Wohnen findet Stadt! – Smart City Demo Projekt



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

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



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Errichtung



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

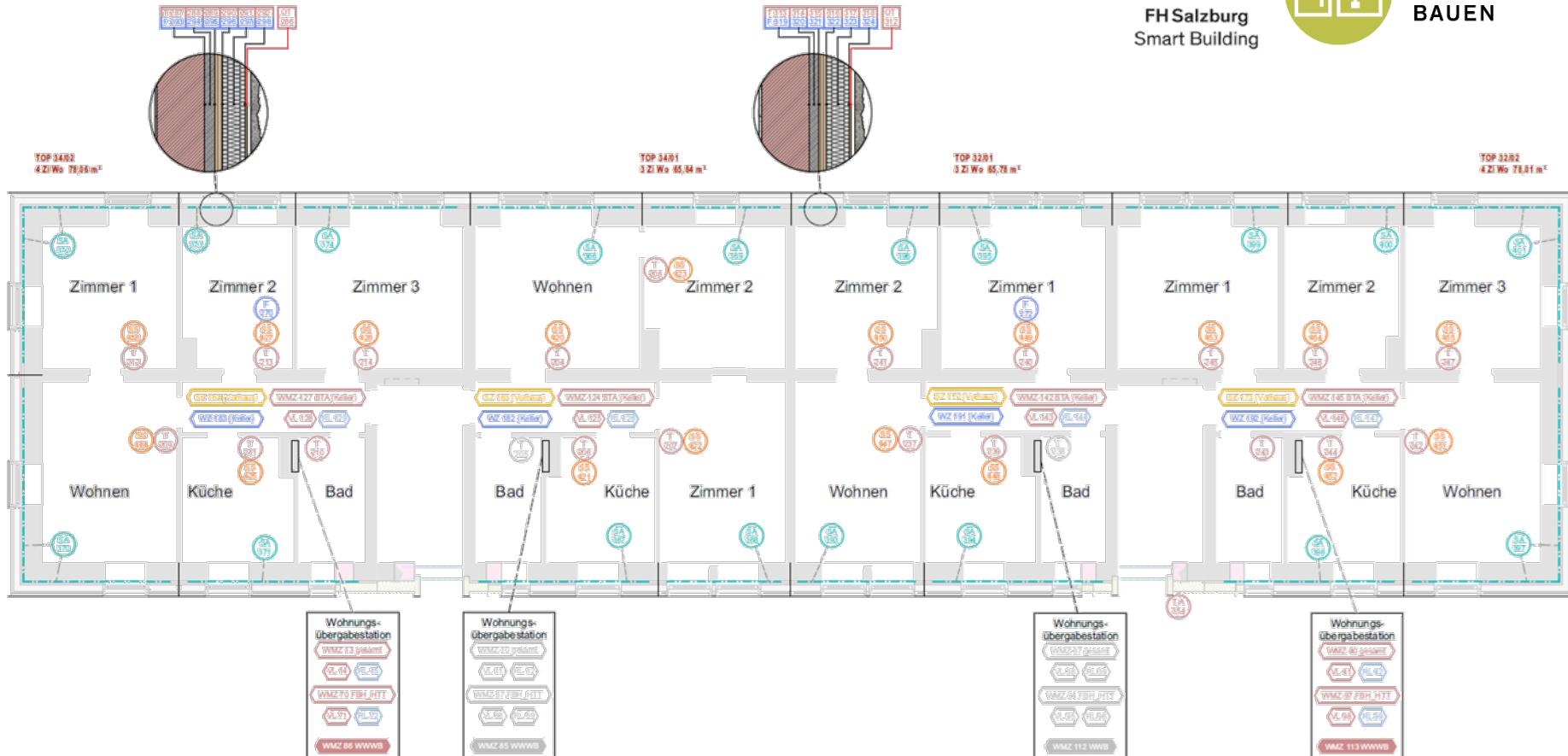
Bauteilaktivierung in der Sanierung



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Verbrauchsreduktion

Heizperiode 19/20

Verbrauchsreduktion um 45 %

Nutzerverhalten

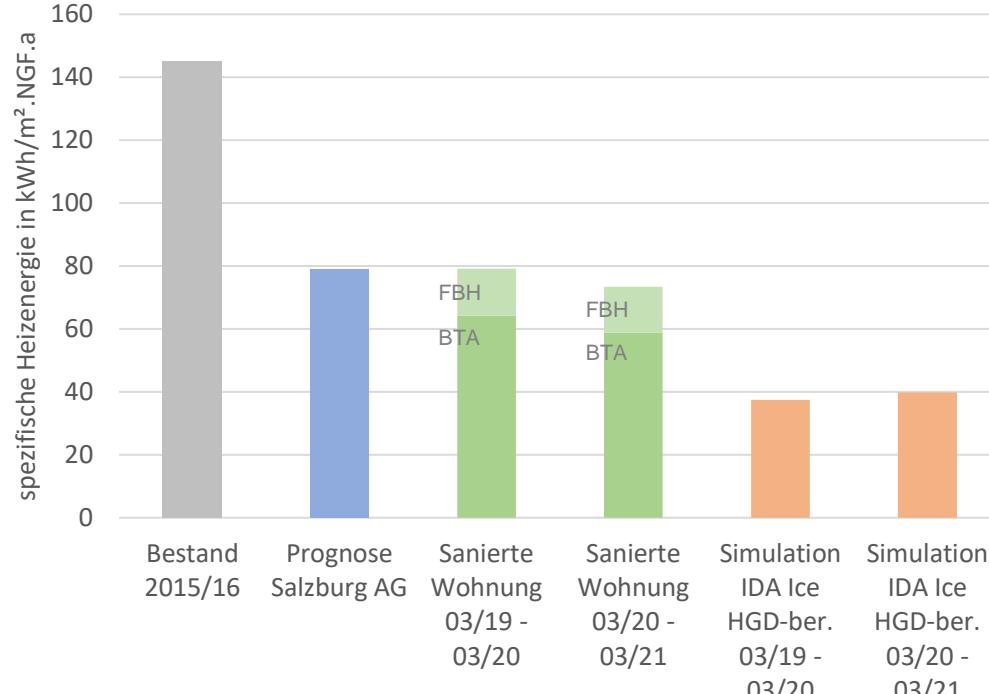
- dauergekippte Fenster
- höhere Innenraumtemperaturen als Simulationsbasis
- fehlende Sommerschaltung
- weiterer hydraulischer Abgleich
- Optimierungen der Regelung

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 Wärmeübertagung
- Reduktion Aufbau
- Erhöhung Vorfertigungsgrad
- Wirtschaftlichkeit
- Erweiterung um Kühlfunktion



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Die Salzburger Multifunktionsfassade



FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

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



multifunktionale Gebäudehüllen

Versuchsgebäude & Prüfstand Twin²Sim



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

Manipulation
Prototypenbau
Einbau
Messtechnik

Versuchsflächen Photovoltaik und Solarthermie
BIPV / BAPV
BIST / BAST
Langzeitverhalten

Gebäudehüllens- 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

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

Versuchsräume Wasserstoff
Power2Gas
Brennstoffzelle

Versuchsflächen Photovoltaik und Solarthermie
BIPV & BIST
Langzeitverhalten

ANSICHT SW / Schema
© LP architektur ZT GmbH | FH Salzburg

multifunktionale Gebäudehüllen

Versuchsgebäude



FH Salzburg
Smart Building

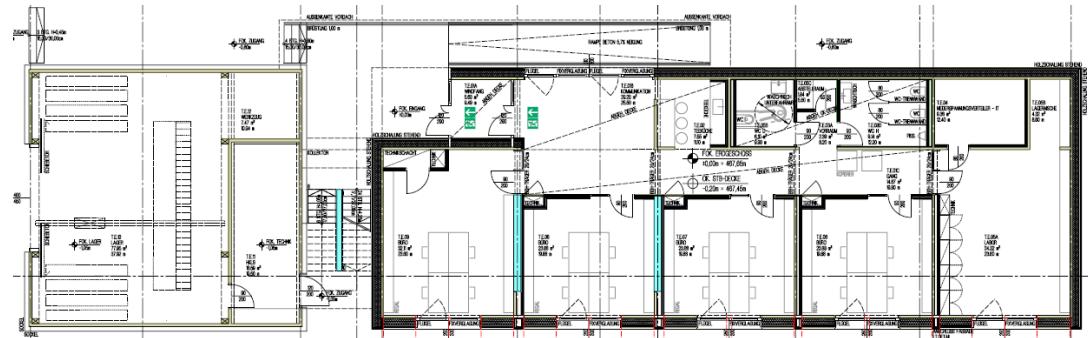


ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

komplexe Gebäudehüllen
komplexe Wechselwirkung
Bauteile | Raum
gebäudetechnische Systeme

Untersuchungsziele

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



multifunktionale Gebäudehüllen

Prüfstand



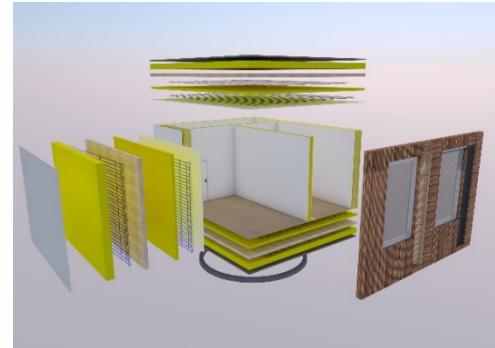
FH Salzburg
Smart Building



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN

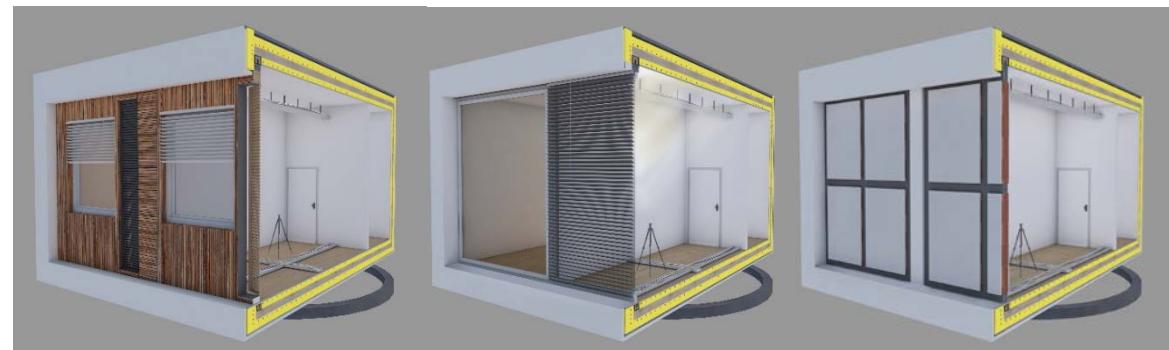
komplexe Gebäudehüllen

- 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



FH Salzburg

R S A F G

Research Studio **iSPACE**

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-](https://www.fh-salzburg.ac.at/forschung/forschungsgruppen/smart-building-und-smart-city)

[salzburg.ac.at/forschung/forschungsgruppen/smart-building-und-smart-city](https://www.fh-salzburg.ac.at/forschung/forschungsgruppen/smart-building-und-smart-city)

+43-50-2211-2718

michael.moltinger@fh-salzburg.ac.at

INTELLIGENTE
GEBÄUDEHÜLLEN



INTELLIGENTE
ENERGIESYSTEME

**ZENTRUM
ALPINES
BAUEN**

SIMULATION VON
SIEDLUNGSSYSTEMEN



E F R E

Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung. Österreich.



**LAND
SALZBURG**



ZENTRUM
ALPINES
BAUEN