

AEE INTEC

powered by **klima+
energie
fonds**

**green
energy
lab.at**

Von Prototyp zu Serie: Evolution der Gebäudesanierung?

RENVELOPE

Das Projekt RENVELOPE wird im Rahmen der Forschungsinitiative „Green Energy Lab“ als Teil der Innovationsoffensive Vorzeigeregion Energie des Klima- und Energiefonds durchgeführt.

DI Dr. Tobias Weiss
Bereichsleiter Gebäude – AEE INTEC
AEE INTEC



I. GEBÄUDEBESTAND: DIE HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN DER ZUKUNFT

Gebäude IXX

CO2 Emissionen	-93%
Investkosten	126.000 €
Amortisation [a]	25

Gebäude IXX

CO2 Emissionen	-87%
Investkosten	526.000 €
Amortisation [a]	18

Gebäude XXI

CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	84.400 €
Amortisation [a]	10

Gebäude

CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	55.400 €
Amortisation [a]	10

Gebäude I

CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	55.400 €
Amortisation [a]	10

Gebäude XI

CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	54.400 €
Amortisation [a]	10

Gebäude XXI

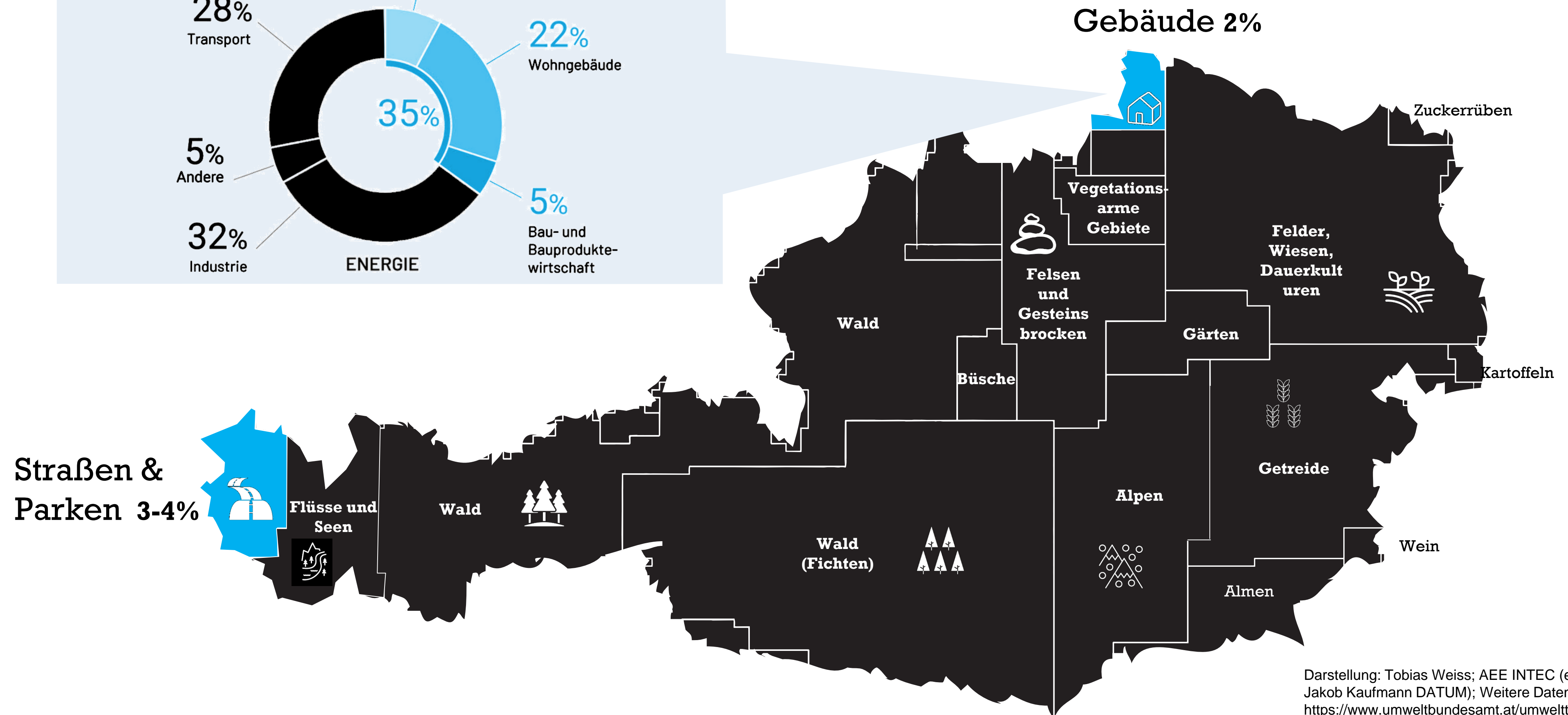
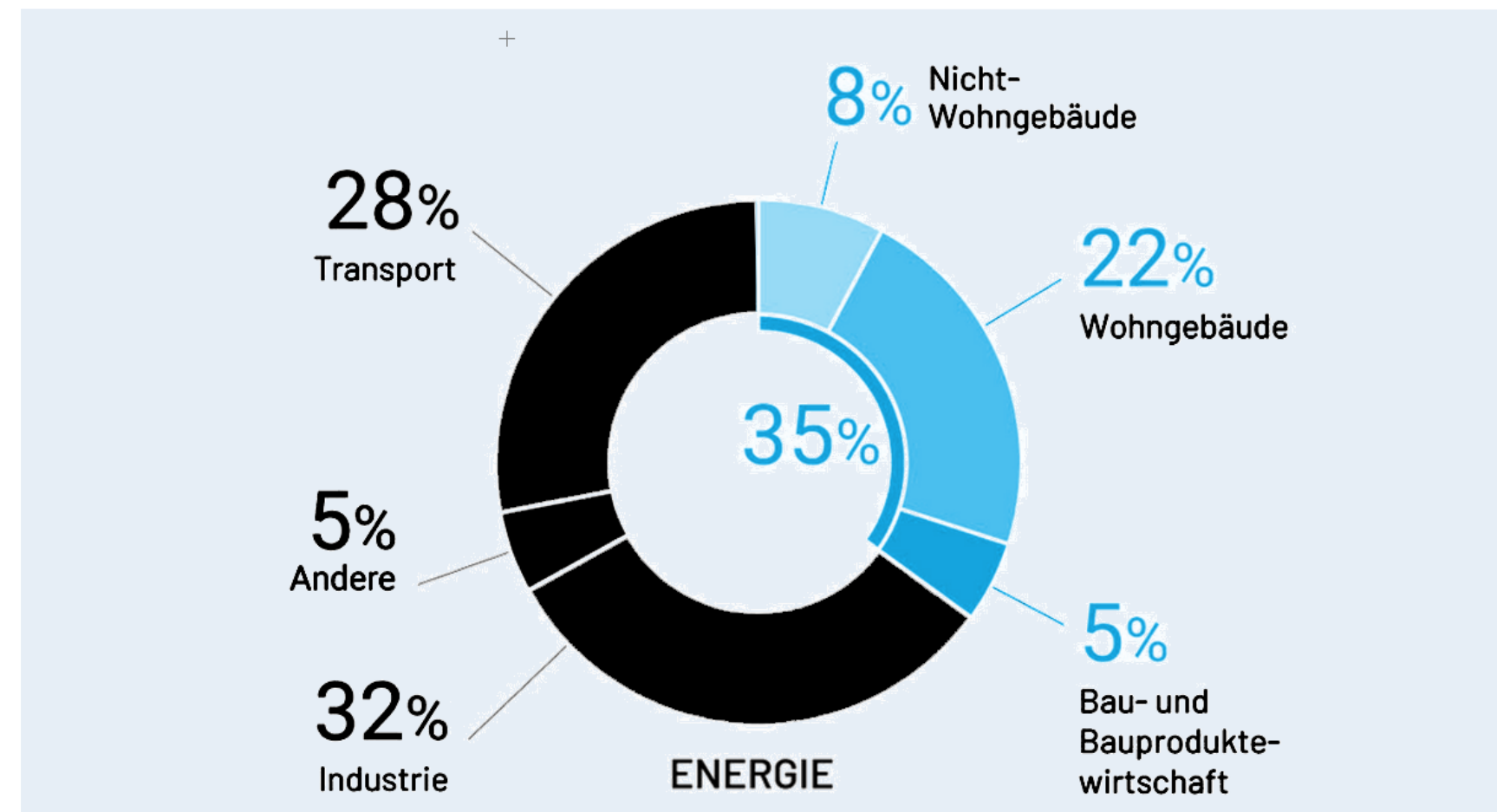
CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	84.400 €
Amortisation [a]	10

Gebäude I

CO2 Emissionen	-94%
Investkosten	54.400 €
Amortisation [a]	10

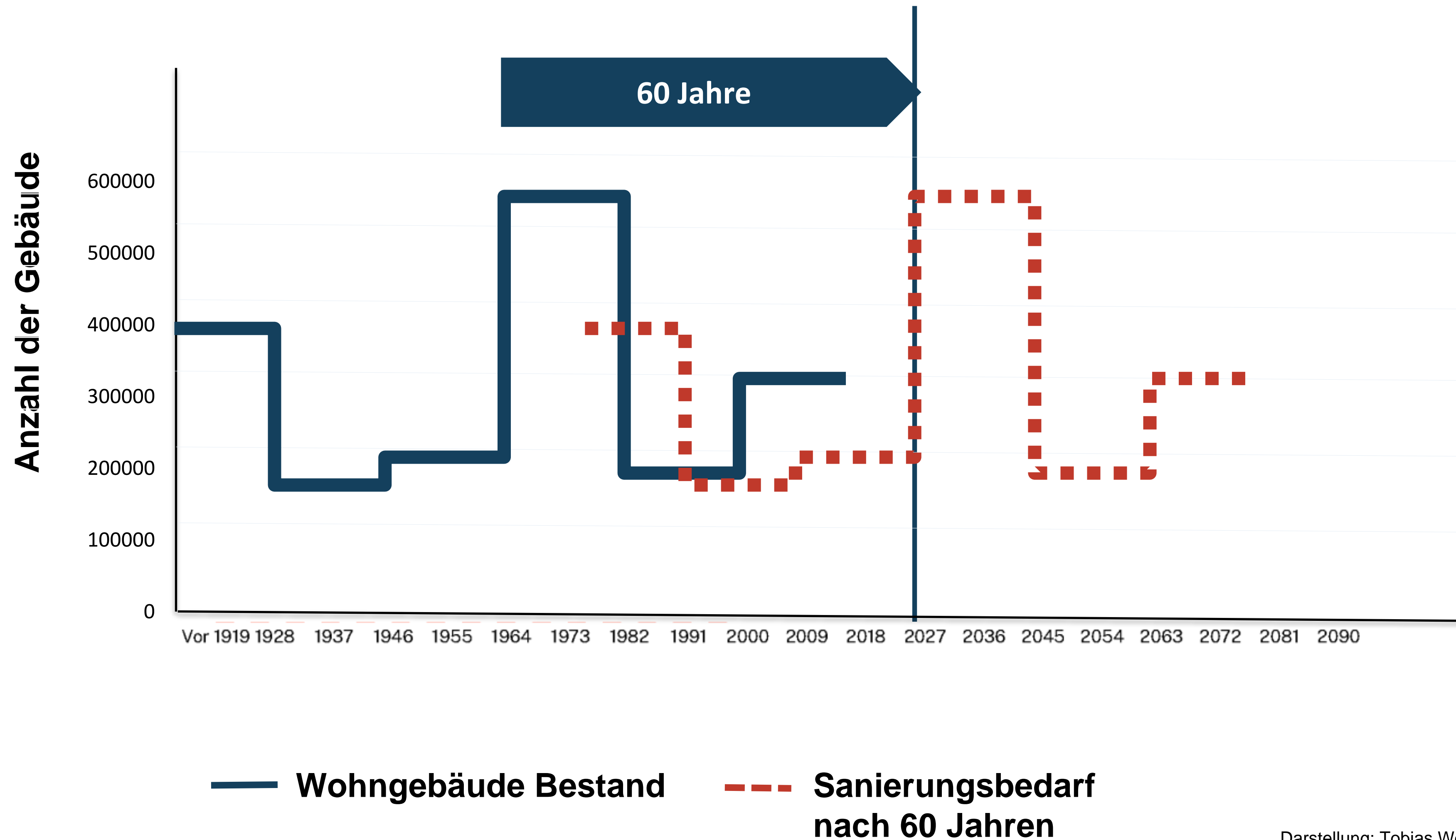
Woraus besteht Österreich?

Gebäude: 2% der Fläche 35% des Endenergiebedarfs



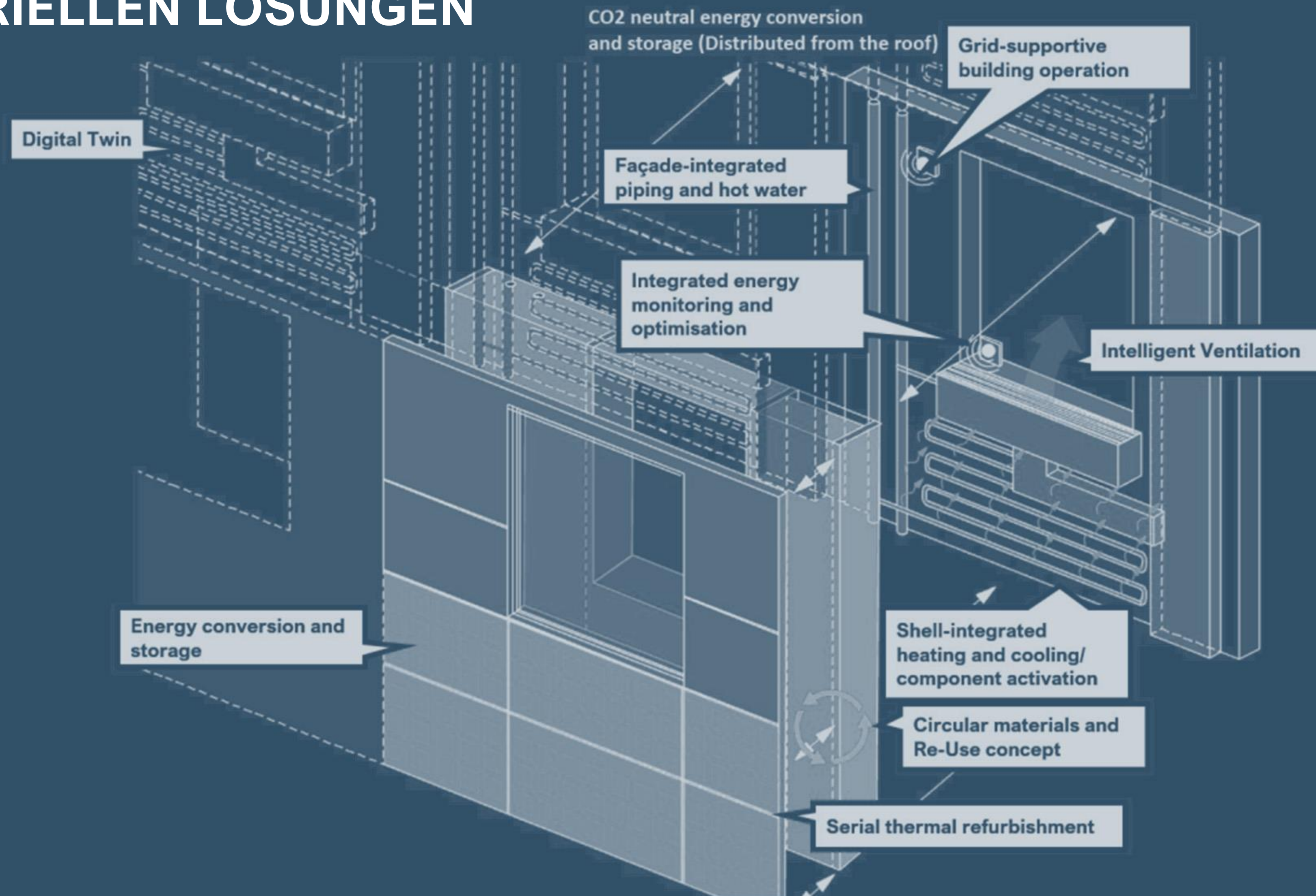
Darstellung: Tobias Weiss; AEE INTEC (eigene Darstellung nach Jakob Kaufmann DATUM); Weitere Datenquellen <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme>

Sanierungswelle großvolumiger Wohngebäude in Österreich



Darstellung: Tobias Weiss; AEE INTEC (eigene Darstellung nach Frank Lattke Zahlen adaptiert lt. Statistik Austria für Österreich)

II. GEBÄUDESANIERUNG IM WANDEL: VOM PROTOTYPEN ZU SERIELLEN LÖSUNGEN



Konventionelle vs. Serielle Sanierung



Serielle Sanierung in Österreich

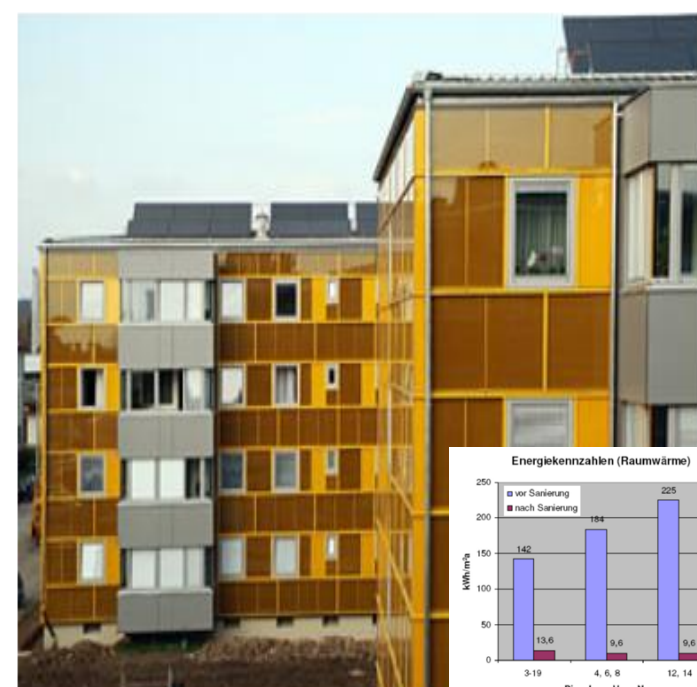
Aktive und passive Hüllen; Nachverdichtung



Wohnanlage Markartstraße Linz – Sanierung in Passivhausqualität.
Quelle: [ARCH MORE ZT GmbH](#)



DIESELWEG GRAZ. Quelle:
GIWOG; GAP solution; AEE INTEC



TES ENERGY
FACADE Leutkirch
Quelle: Lattke



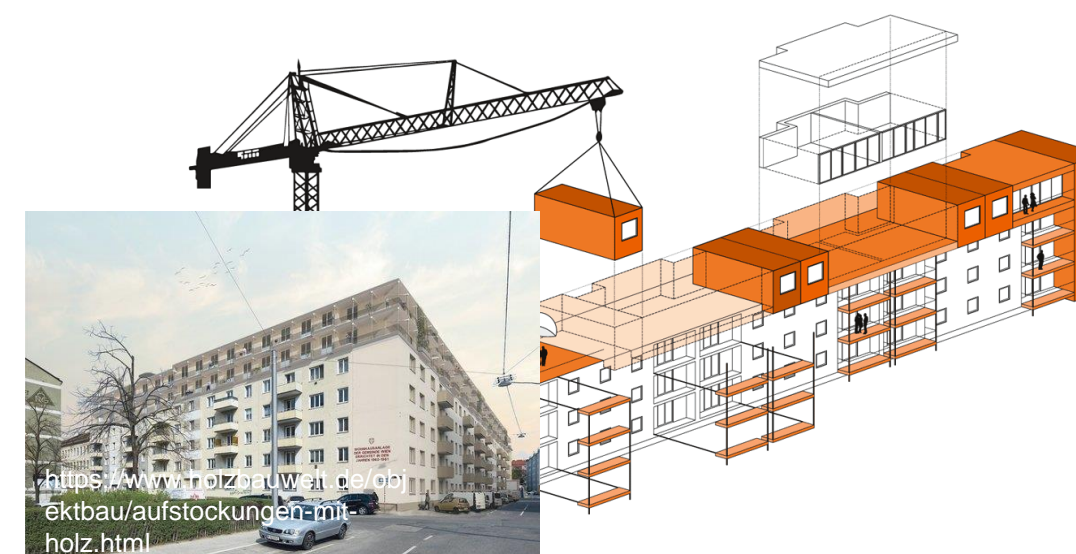
PLUS-ENERGIE SANIERUNG KAPFENBERG.
Quelle: AEE INTEC, Nussmüller Architekten ZT
GmbH



PASSIVHAUS-SANIERUNG EINES
WIENER GEMEINDEBAUS. Quelle:
Treberspurg & Partner Architekten



Projekt Wohnen findet Stadt! Teils
vorgefertigte Multifunktionsfassade.
Quelle: Fh Salzburg; Schweizer et. al



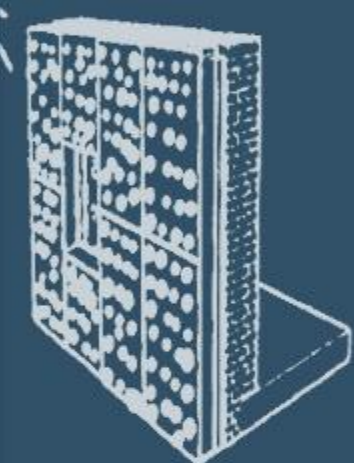
Projekt Roofbox: AEE INTEC, Nussmüller Architekten; TBH



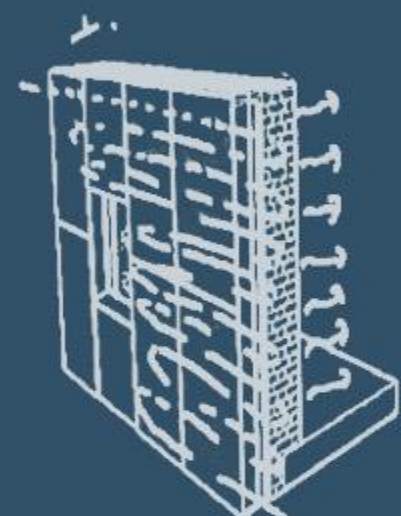
III. TECHNOLOGIEENTWICKLUNG FÜR MULTIFUNKTIONSFASSADEN

Projekte: CEPA; EXCESS; MULTITAB; CEPA; EXCESS; MULTITAB; HVAC VIA FACADE

I. INTEGRATION VON PHOTOVOLTAIK



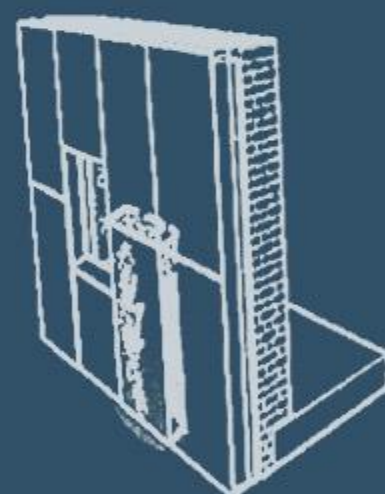
VII: Bauteilaktivierung von Aussen



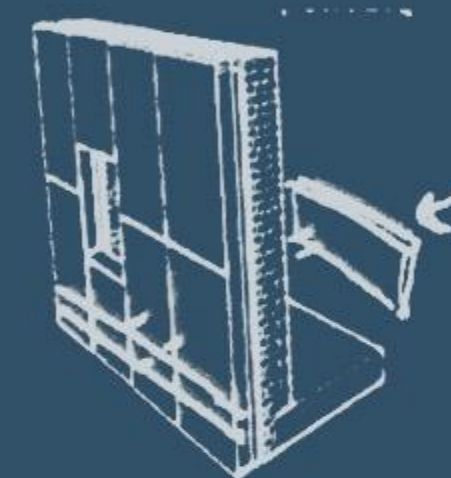
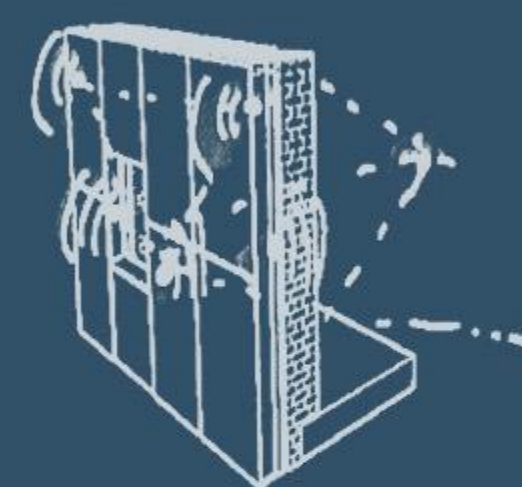
II. INTEGRATION VON SOLARTHERMIE / PVT



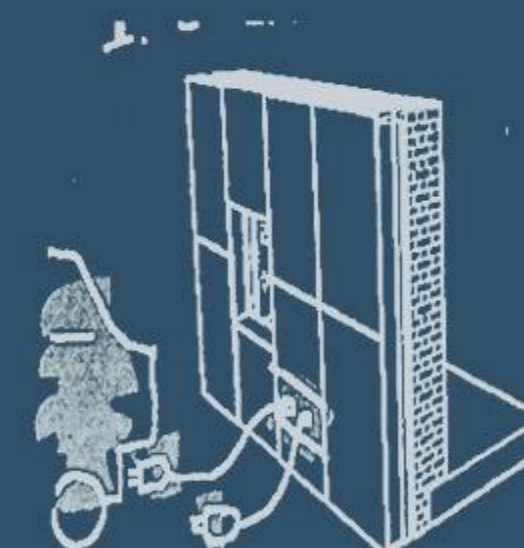
VIII: HKLSE Verteilschächte



IV. Fassadenbegrünung



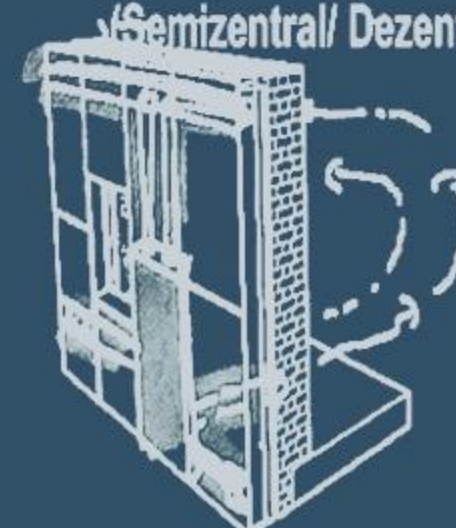
V. Dezentrale Kleinstwärmepumpe (Luft-Wasser)



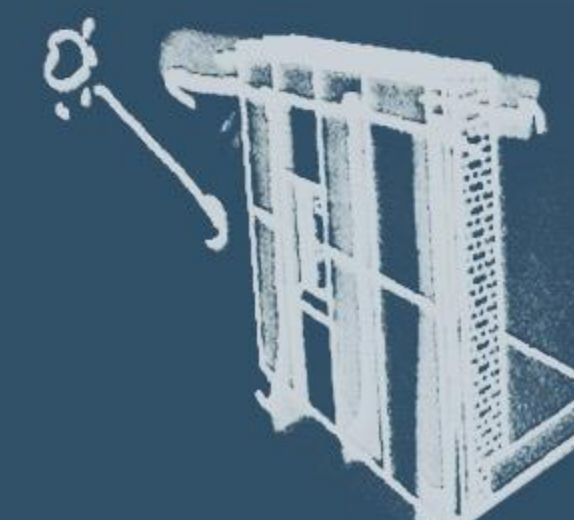
III. Wasserdurchströmte Rohre „ Fassaden-Energiezaun“



VIII: H KONTrollierte Lüftung (Semizentral/ Dezentral)



VI: DLuft-Luft Wärmepumpe (Splitklimaanlage)



Integration Erneuerbarer Energieträger in Fassaden

Projekt E80^3



Fassadenintegration
Gap Solution(TWD)

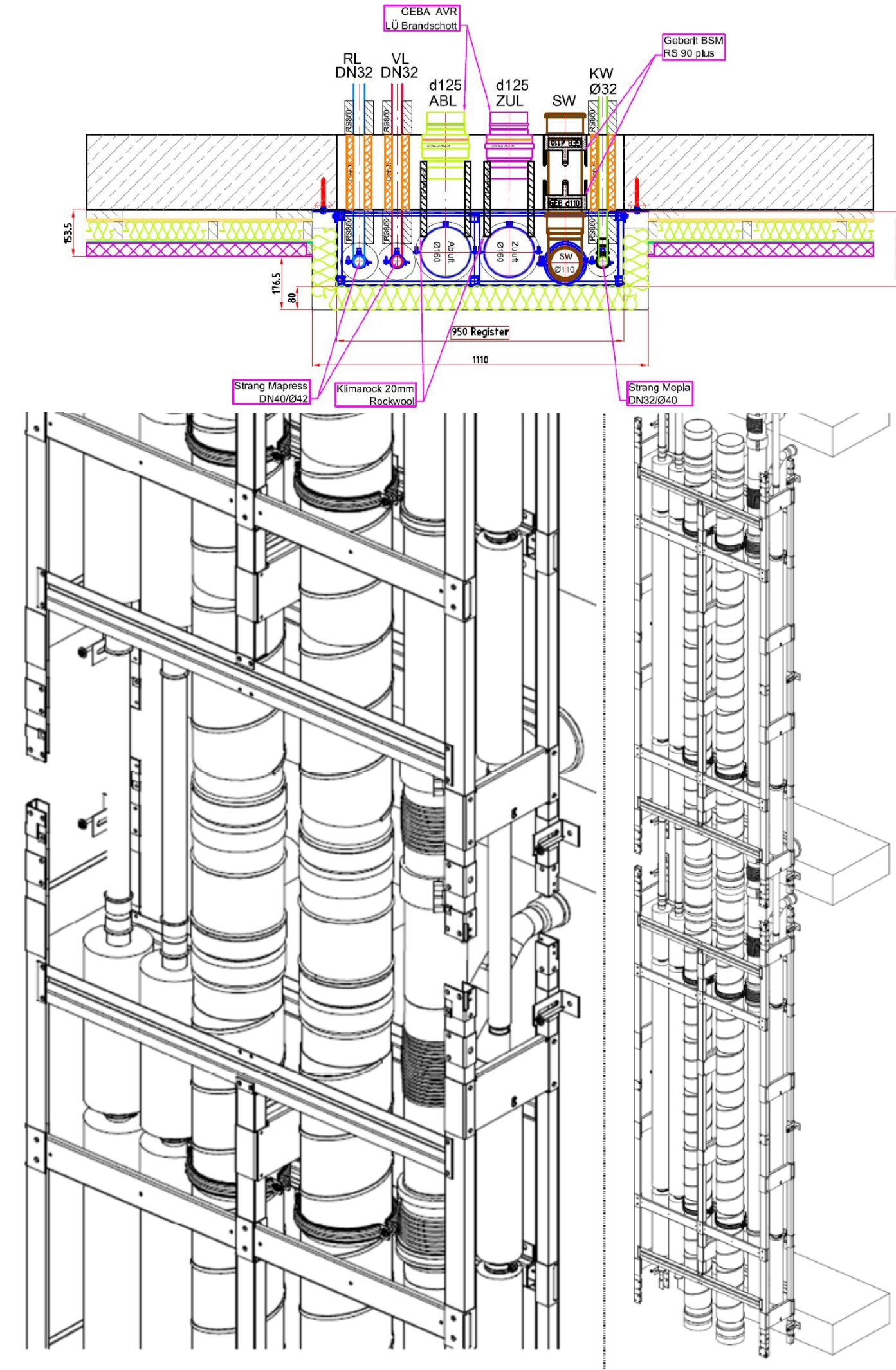


Fassadenintegration
Photovoltaik



Fassadenintegration
Solarthermie

Vorgefertigte Haustechnikschächte für die Wärmeversorgung über die Fassade *Projekt E80^3*



Entwicklung eines Vorhangfassadenmoduls mit integrierten Gebäudetechnikkomponenten – HVACVIA FACADE; SaLÜH!



① Fenster mit Integrierter Zuluftöffnung und Luftvorwärmung über den Zwischenraum

- ② Versorgungsschacht mit:
- Integrierter Kleinstwärmepumpe
 - Quellenleitung
 - VR/RL Wohnungsverteilung
 - KW-Leitung
 - Abwasserstrang

③ Fassadenintegrierte Photovoltaik

Kennzahlen Wärmepumpe	VWS 36/4 Sole/Wasser
Heizleistung B0/W35 (Sole/Wasser)	2,6 kW
Leistungszahl/Coefficient of Performance EN 14511 B0/W35 (Sole/Wasser)	4,50

Bauteilaktivierung von Aussen - MultiTab



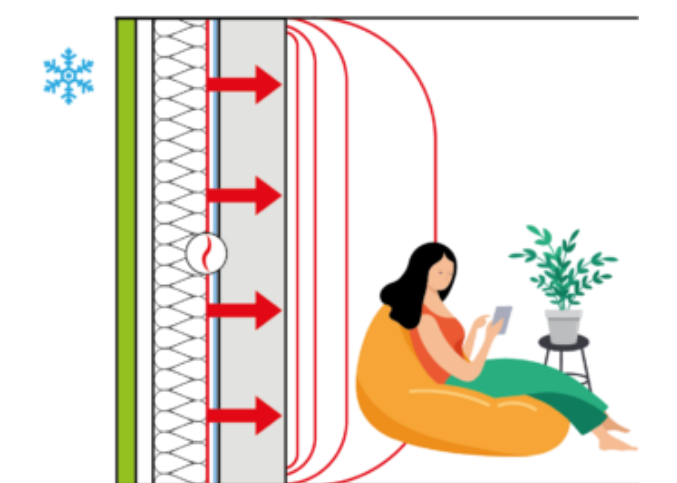
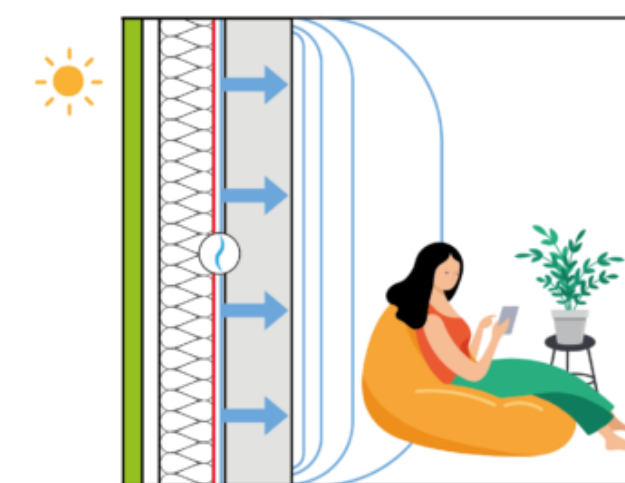
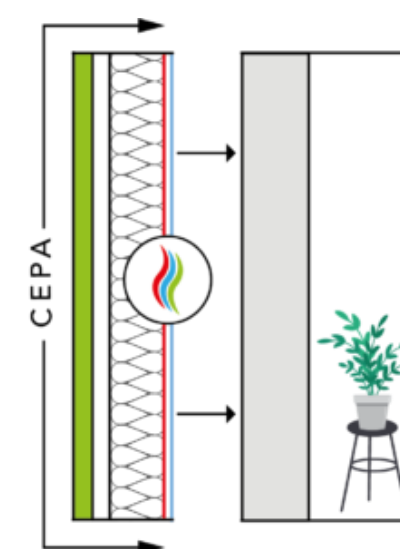
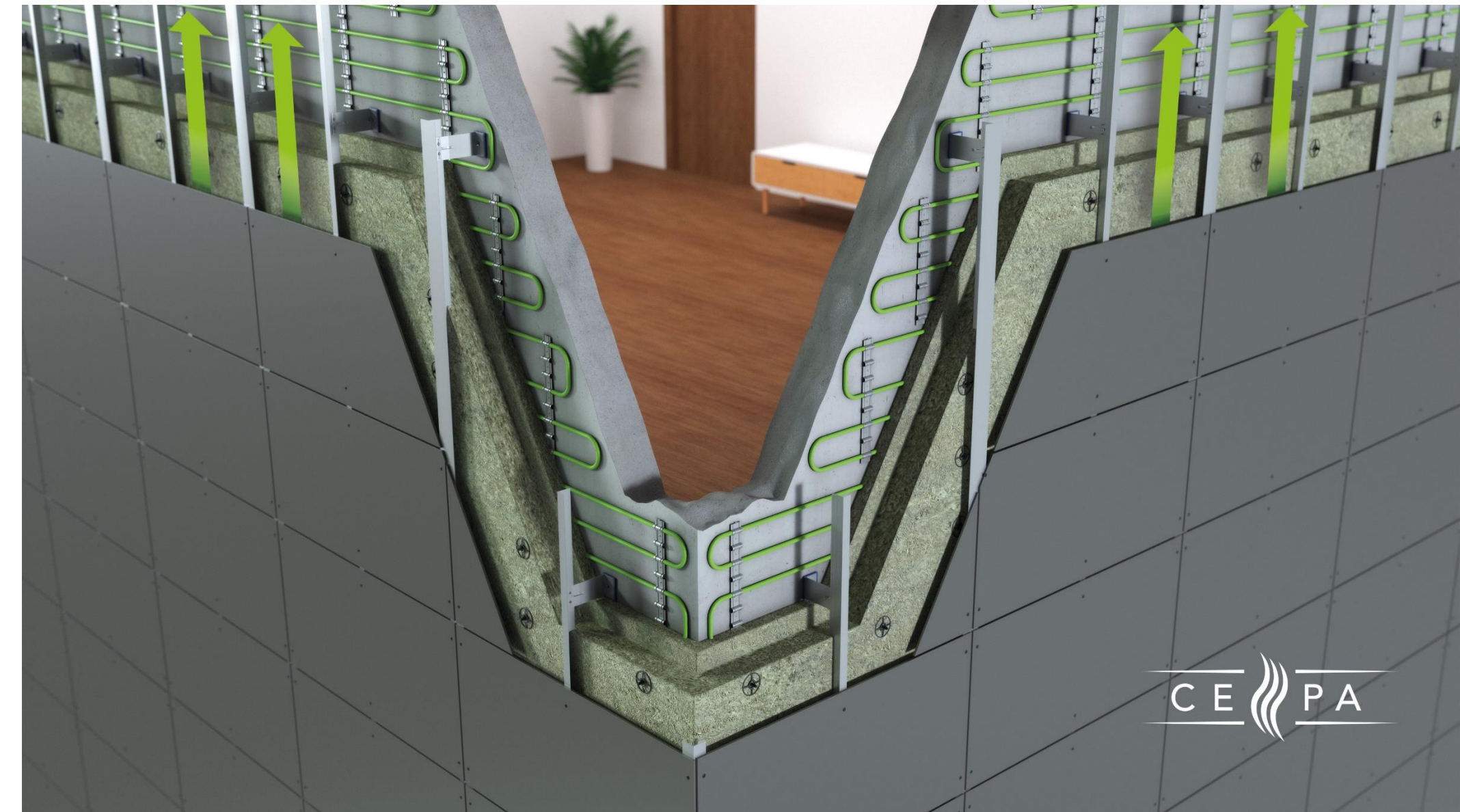
① Heizung von außen

- Wandheizelement (uponor (16x1mm))
- KS-Doppelstegplatte (Klettsystem)
- Winddichtung
- Riegelwerk dazw. Dämmung eingeblasen
- 3S-Platte
- Windfolie
- Hinterlüftung
- Cetris-Platte

Wärmeübergangskoeffizient
von etwa 5 W/m²K



Weiterentwicklung MultiTab zur CEPA®-Energiefassade mit Towern 3000



IV. Demonstrationsprojekte

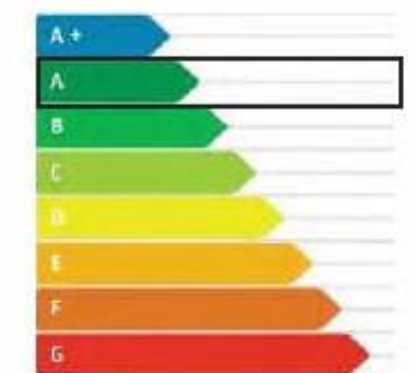
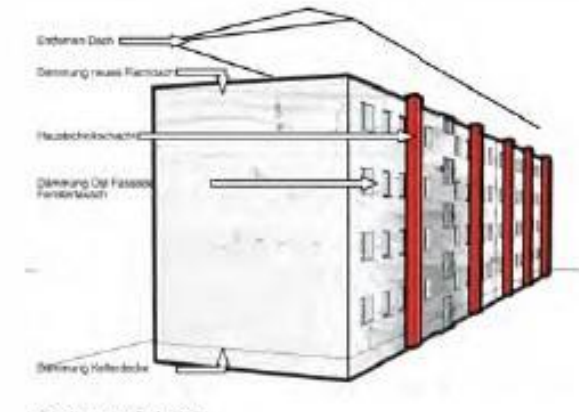
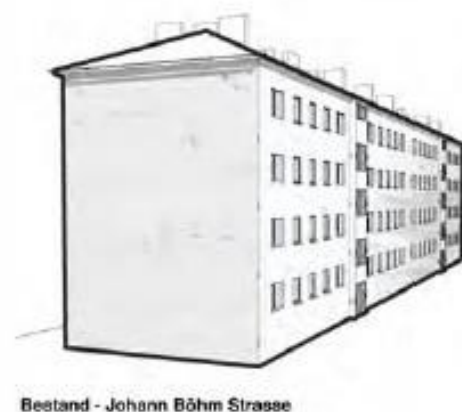
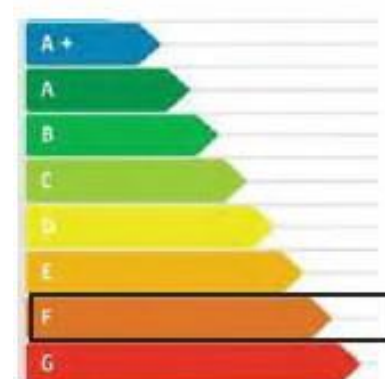
Demo 01: E80³ Sanierung Johann Böhm Straße – Kapfenberg (2015)



Sanierung Johann Böhm Straße – e80^3



Sanierungsschritte Zum Nullenergiegebäude







Bestandsgebäude

- Wohngebäude
- Baujahre: 1960 – 1961
- Abmessungen: 65 m lang, 10 m breit, 12 m hoch
- Ost-West-Orientierung
- 4 Geschoße mit je 9 Wohnungen pro Geschoß
- 20 m² bis 65 m² Wohnnutzfläche der einzelnen Wohneinheiten
- 2845 m² Brutto-Grundfläche (BGF)
- Verschiedenste Heizungssysteme im Einsatz (dezentrale Gasheizung, Einzelöfen...)

Forschungsprojektes „e80³-Gebäude“

- Umsetzung der aktiven und passiven Fassaden- und Haustechnikmodule
- Optimierung des Gebäudes mit innovativem Energie- und Verteilkonzept
- Reduktion des Energieverbrauches um mehr als 80%
- Reduktion der CO₂-Emissionen um mehr als 80%
- Anteil Erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch größer als 80%
- Optimierung des Energiekonzeptes durch die Nutzung der vorhandenen Wärme- und Stromnetze zum Plusenergieverbund



NUSSMÜLLER ARCHITEKTEN

ZT GmbH | Zinzendorfgasse 1 | 8010 Graz
T +43 (0) 316 381812 | F +43 (0) 316 381812 - 9
www.nussmueller.at | buero@nussmueller.at



IV. RENVELOPE - Energy Adaptive Shell GEBÄUDESANIERUNG ALS GESAMTKONZEPT

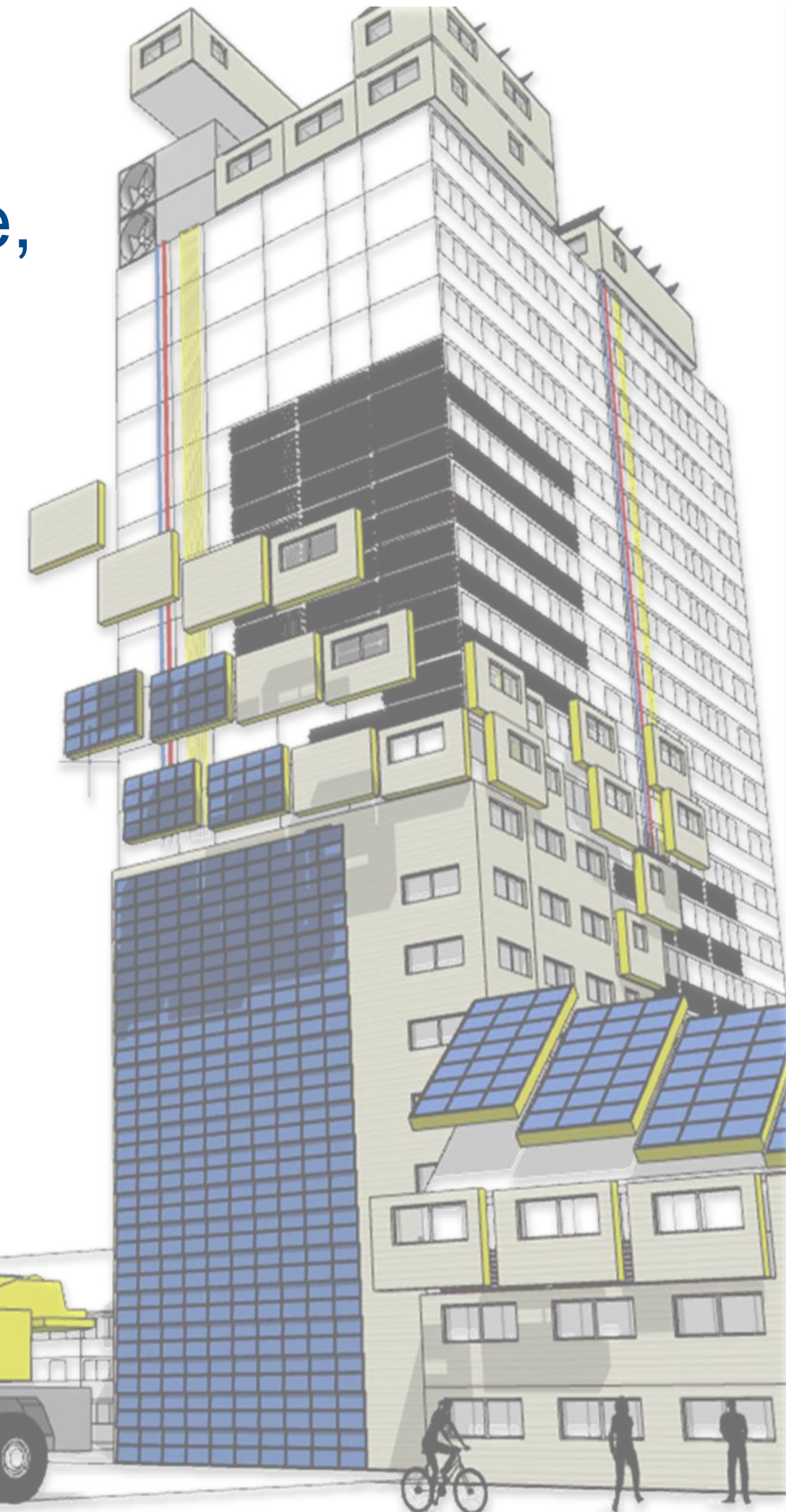


Nationales Leitprojekt **RENVELOPE** Energy Adaptive Shell



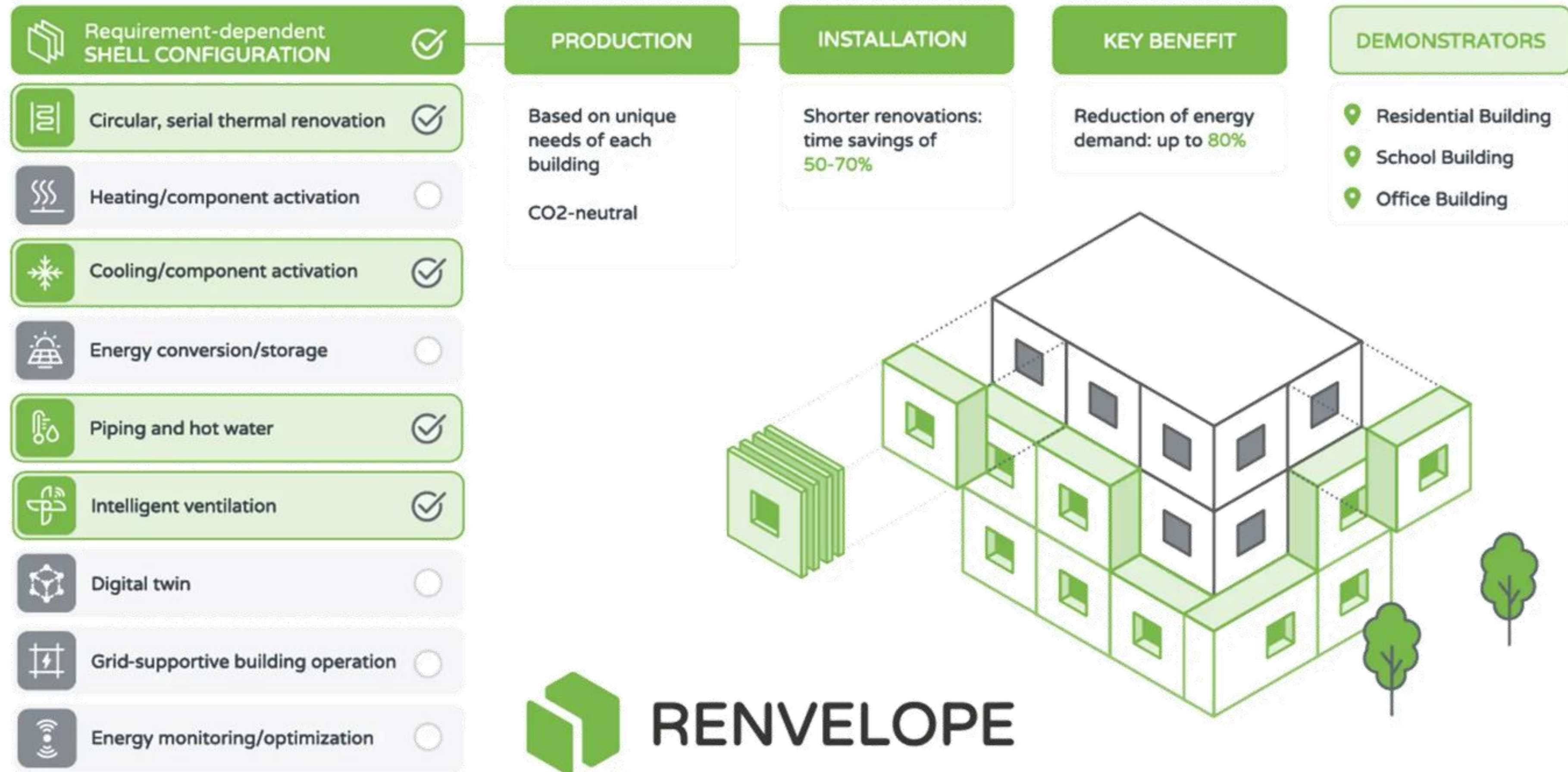
Hauptziele **RENVELOPE**:

- Entwicklung und **Demonstration** von Lösungen für die modulare, energieaktive Sanierung mit vorgefertigten Elementen
 - Demo 1: Schule in Knittelfeld
 - Demo 2: Sozialer Wohnbau in Wien
 - Demo 3: Studentenheim in Graz
- Fokus auf hohen Vorfertigungsgrad, minimale Invasivität und hohe Sanierungstiefe
- 18 Partner / 2,6 mio € Forschung / > 2 mio€ Investförderung



RENVELOPE – ENERGY ADAPTIVE SHELL

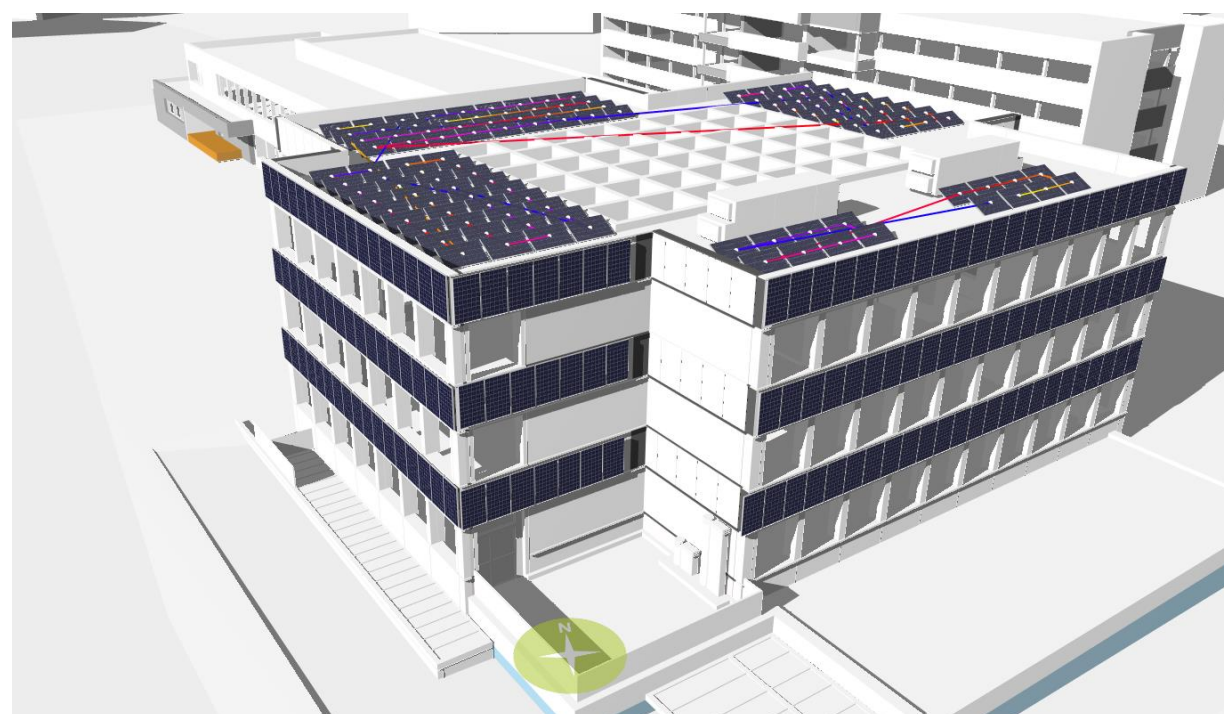
Vorzeige Region Energie Leitprojekt



RENVELOPE – ENERGY ADAPTIVE SHELL

Vorzeige Region Energie Leitprojekt

LBS Knittelfeld
Berufsschule



Arenberggasse
Wohngebäude



Grüne Gasse
Wohngebäude



V. RENVELOPE - Energy Adaptive Shell

01 - Sanierung Landesberufsschule Knittelfeld



Nationales Leitprojekt **RENVELOPE** Energy Adaptive Shell – Demo02 LBS Knittelfeld

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

OiB Österreichischer Institut für Bautechnik **OiB** Österreichischer Institut für Bautechnik **OiB** Österreichischer Institut für Bautechnik

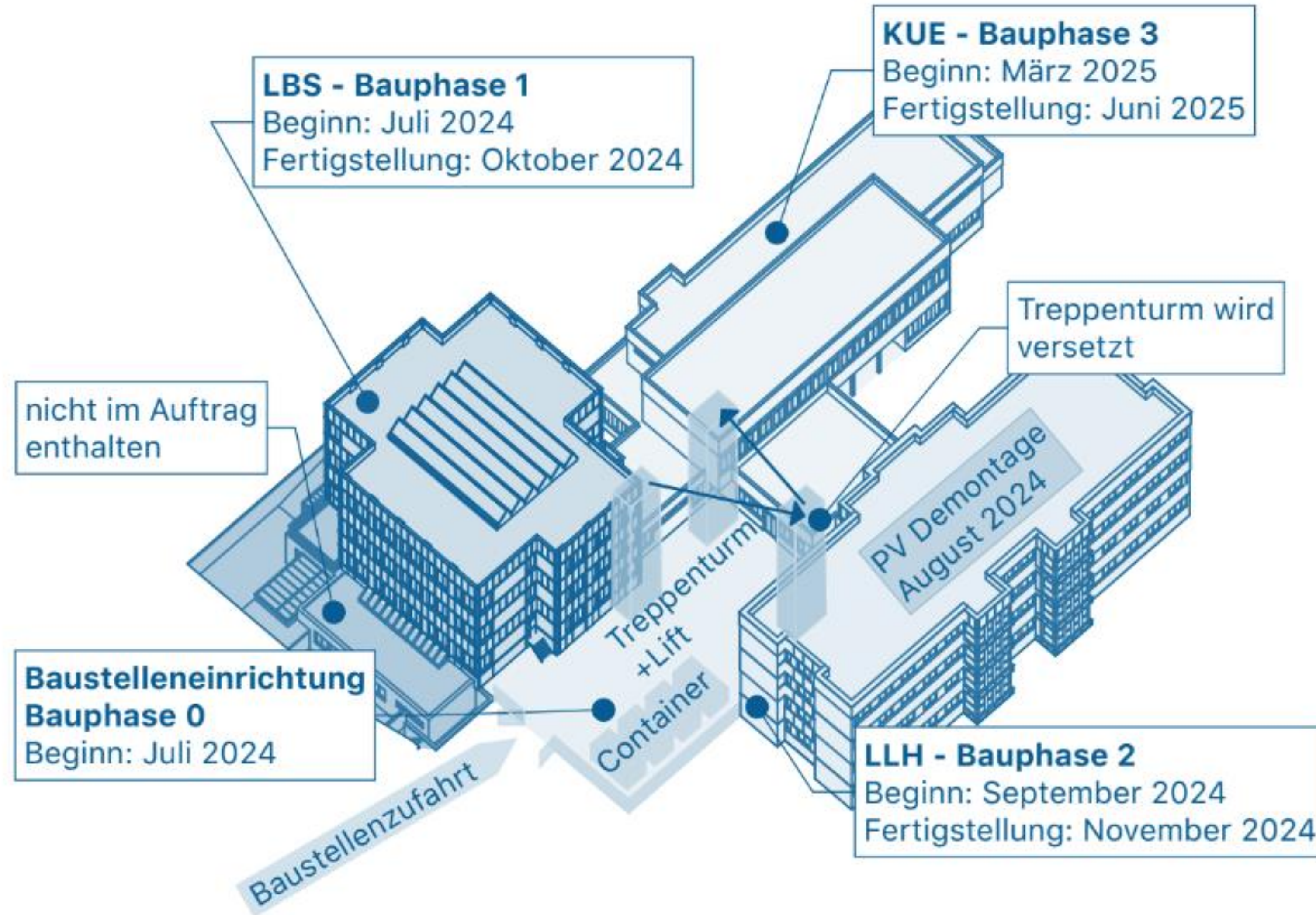
BEZEICHNUNG	Knittelfeld LBS	Baujahr	1982
Gebäudetitel	gesamtes EG	Letzte Veränderung	
Nutzungstyp	Höhere Schule	Katastralgemeinde	Knittelfeld
Strasse		EG-Nr.	65/16
PLZ/Ort	8720 Knittelfeld	Seehöhe	645 m
Grundfläche:			

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENSTOFFEMISSIonen UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZFAKTOR (STANDORTKLIMA)	HWS ¹ [kWh/m²a]	PEB ² [kWh/m²a]	CO ₂ [kg/m²a]	100%
A++				
A+				
A				
B				
C				
D				D
E	E			
F				
G		G	G	



Nationales Leitprojekt **RENVELOPE**

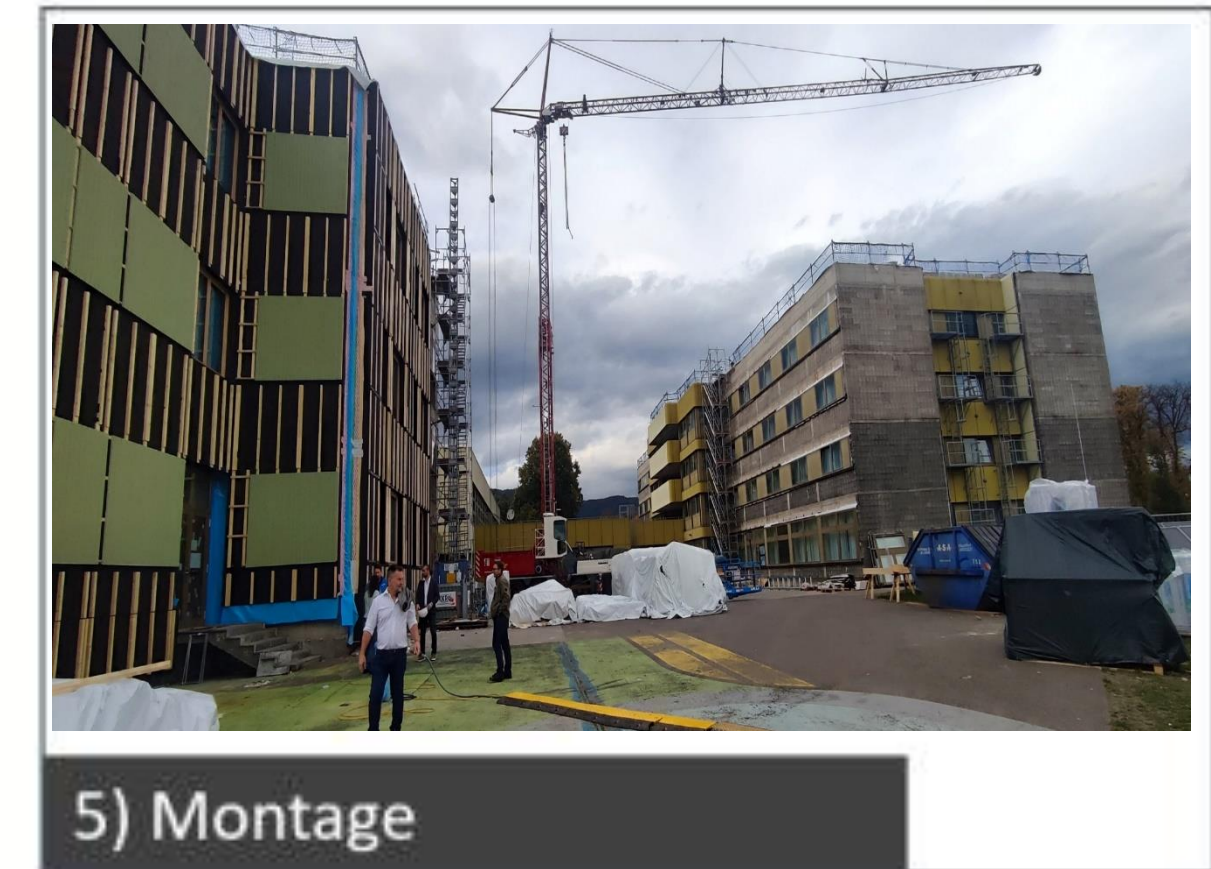
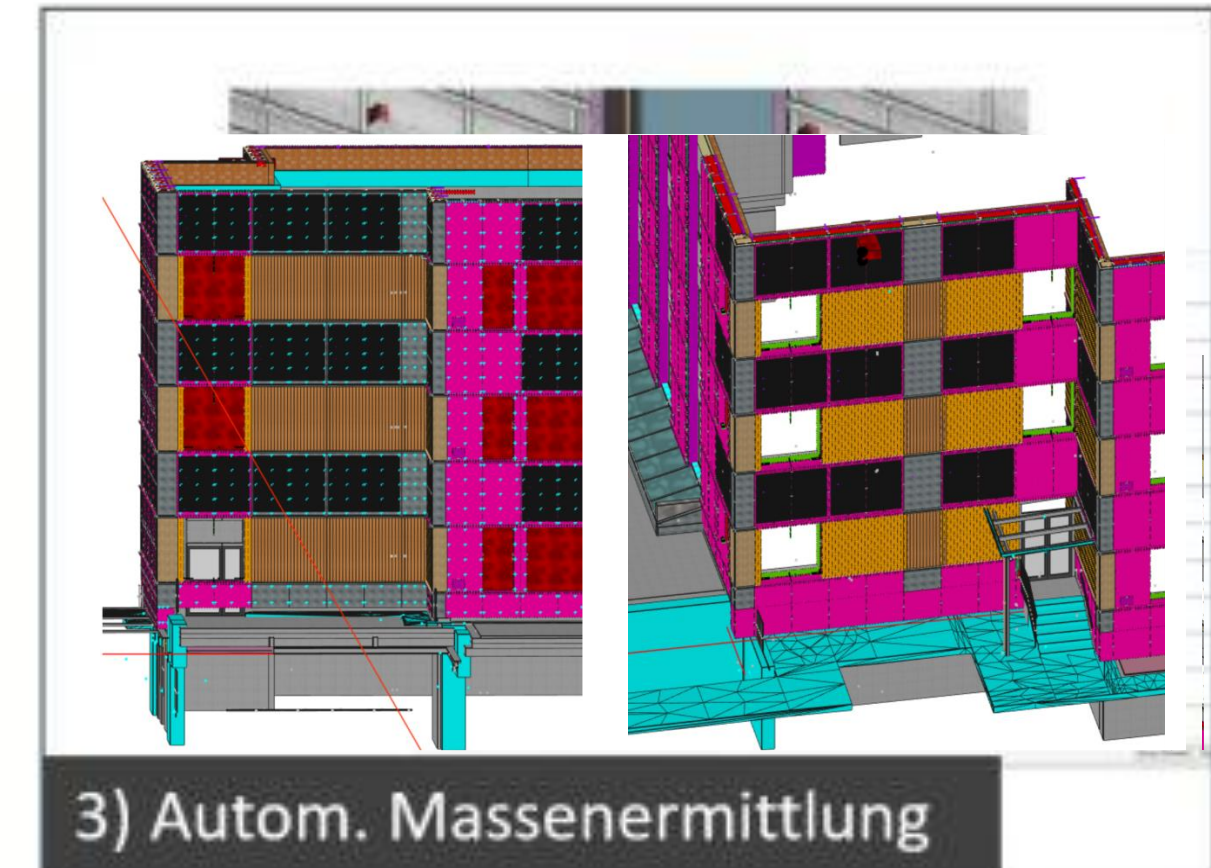
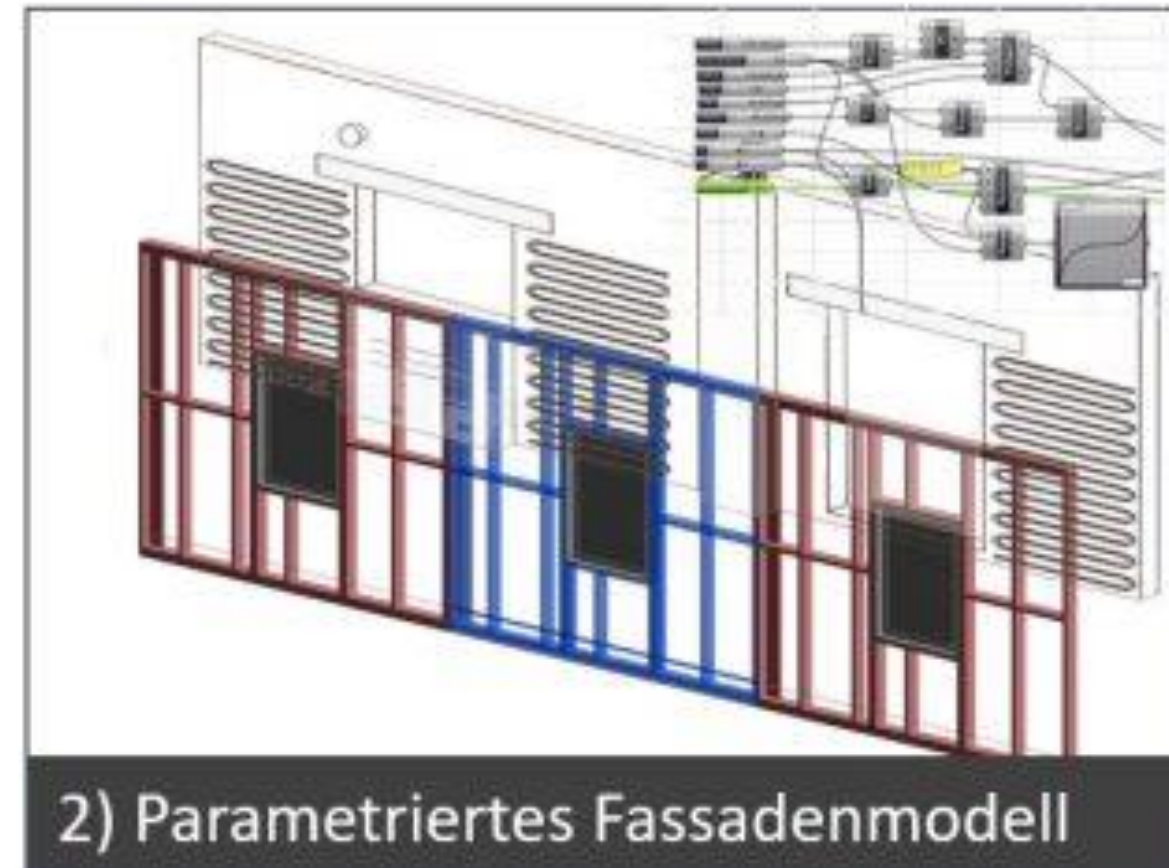
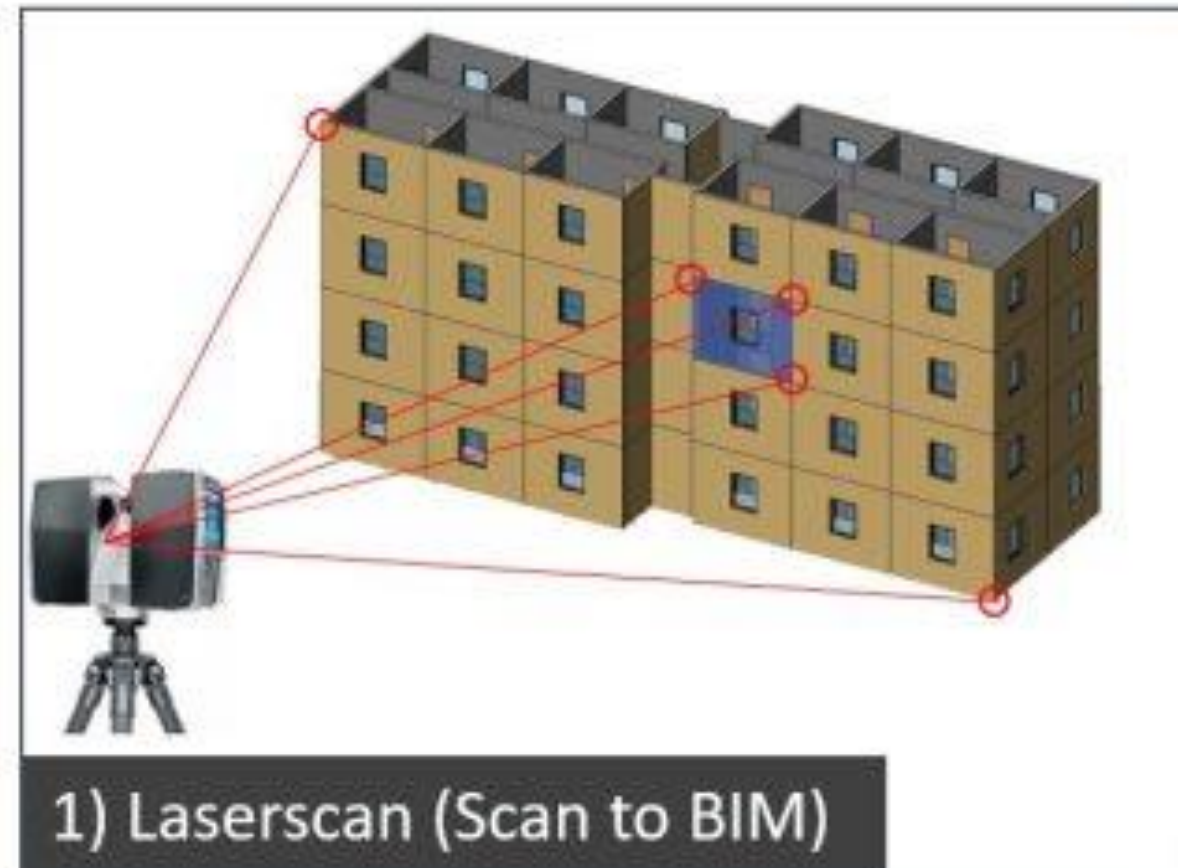
Energy Adaptive Shell – Demo02 LBS Knittelfeld



Bildquelle: Nussmüller Architekten



Prozess – Serielle Sanierung



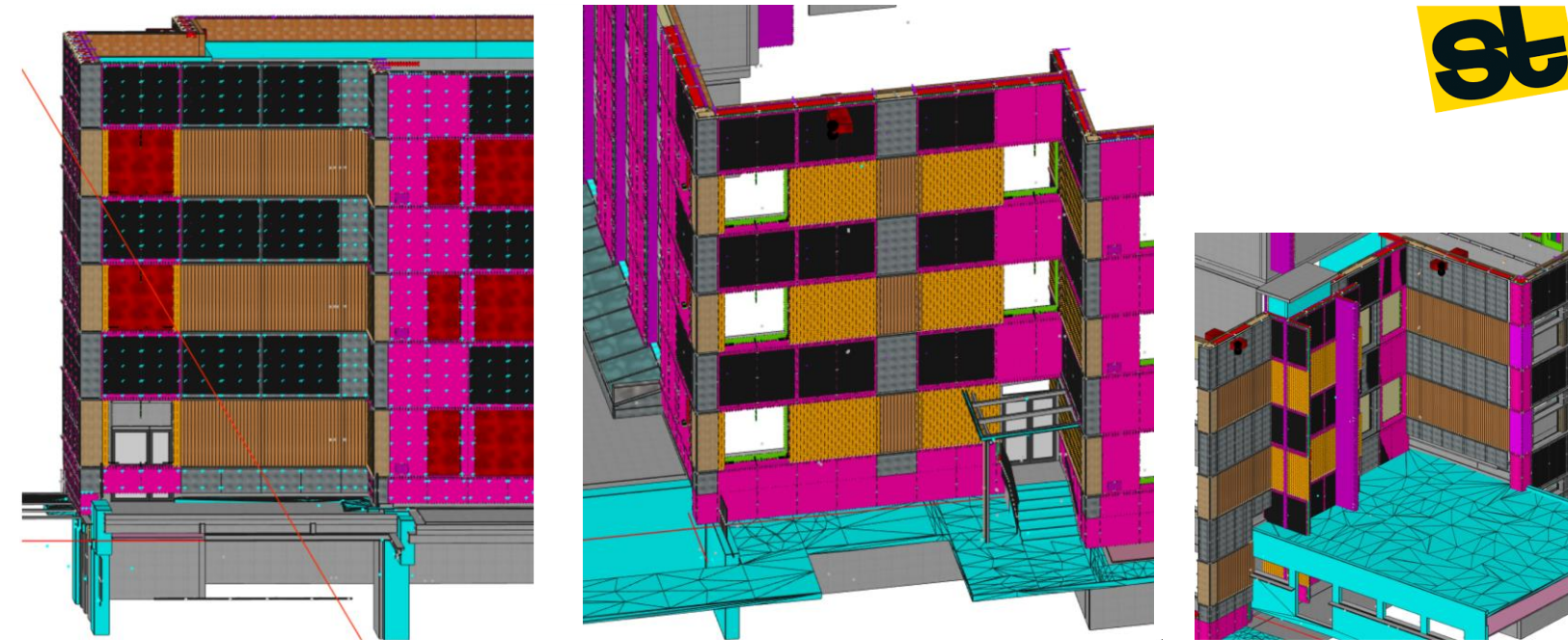
- **Abbund mittels Hundegger**
- **Fertigung mit Technowood**
- **Elementgrößen bis 4x15m**

Prozess - Vorfertigung im Werk



3 Personenstunden pro Quadratmeter Fassade
(2h im Werk, 1h vor Ort)

Prozess - Vorfertigung im Werk



**Fertigung im Werk : Acht Zimmerleute +
zwei Technische Zeichner im Dreischichtbetrieb 4-Wochen
(insgesamt 6 Wochen inklusive Montage vor Ort)**

Prozess – Montage - LBS Knittelfeld Montagevideo



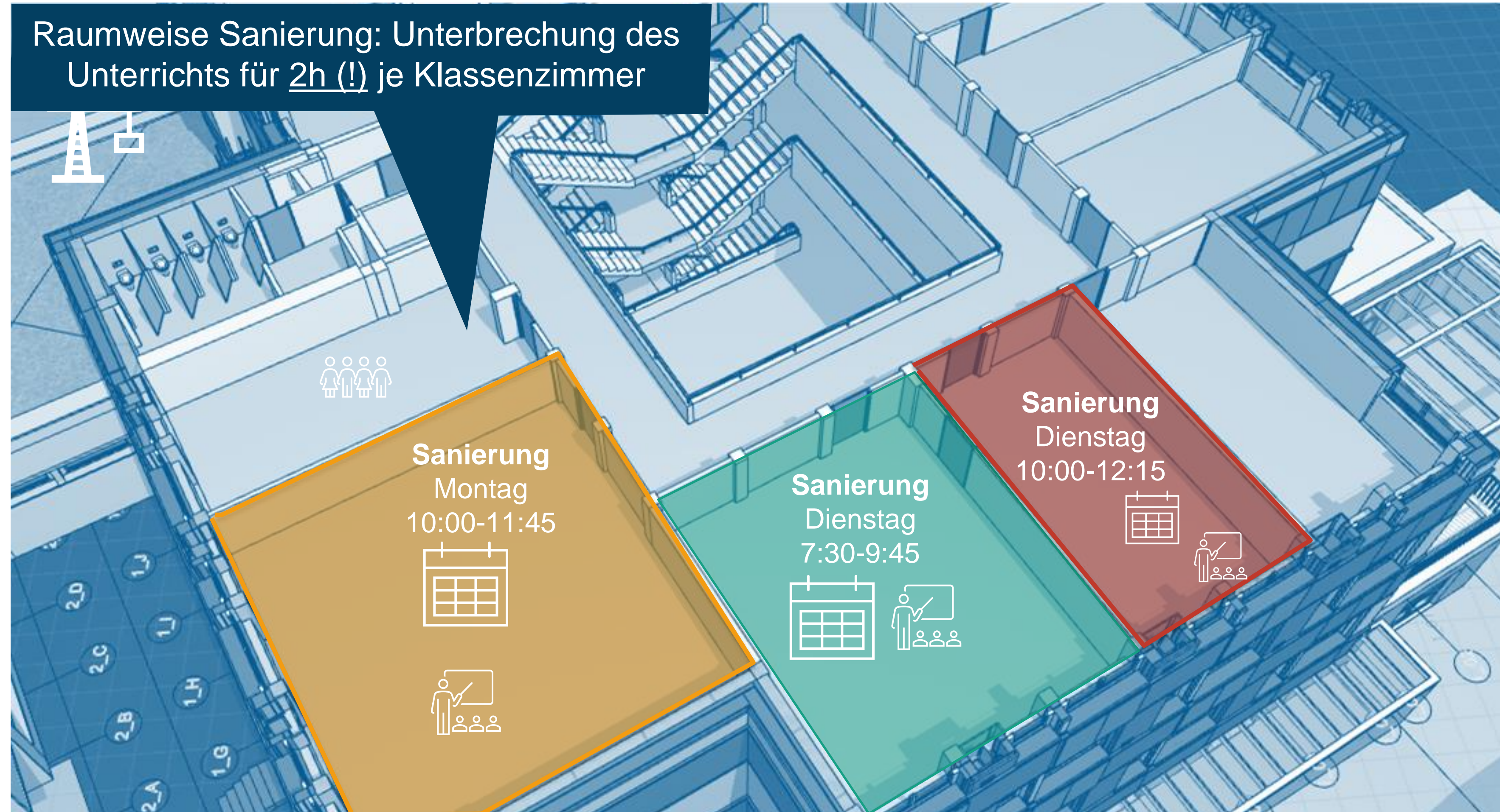
LBS Knittelfeld – Aktuelle Fotos dr Umsetzung



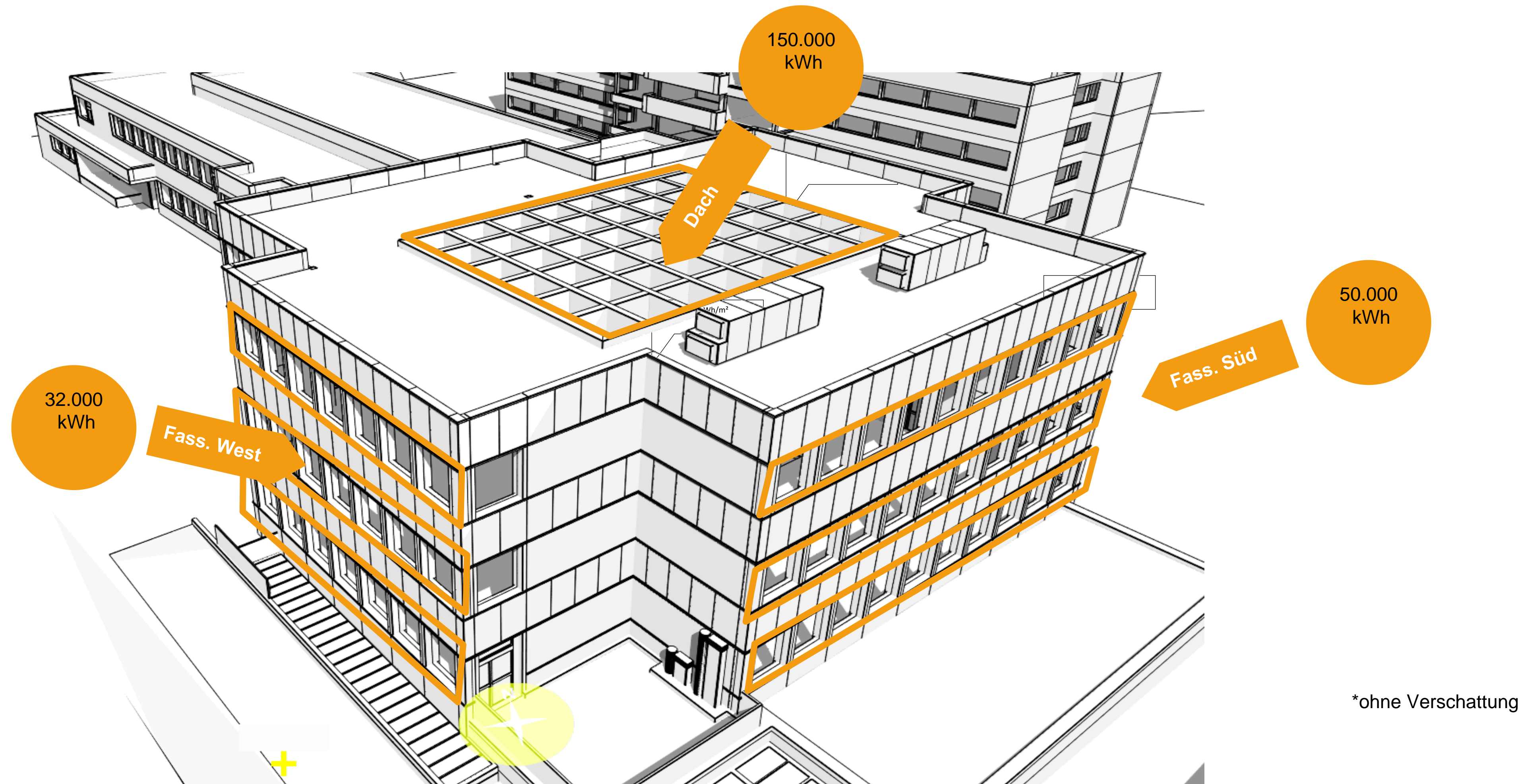
LBS Knittelfeld: Minimalinvasive Baustelle im laufenden Schulbetrieb - Dauer: 2h je Klassenzimmer



Raumweise Sanierung: Unterbrechung des Unterrichts für 2h (!) je Klassenzimmer

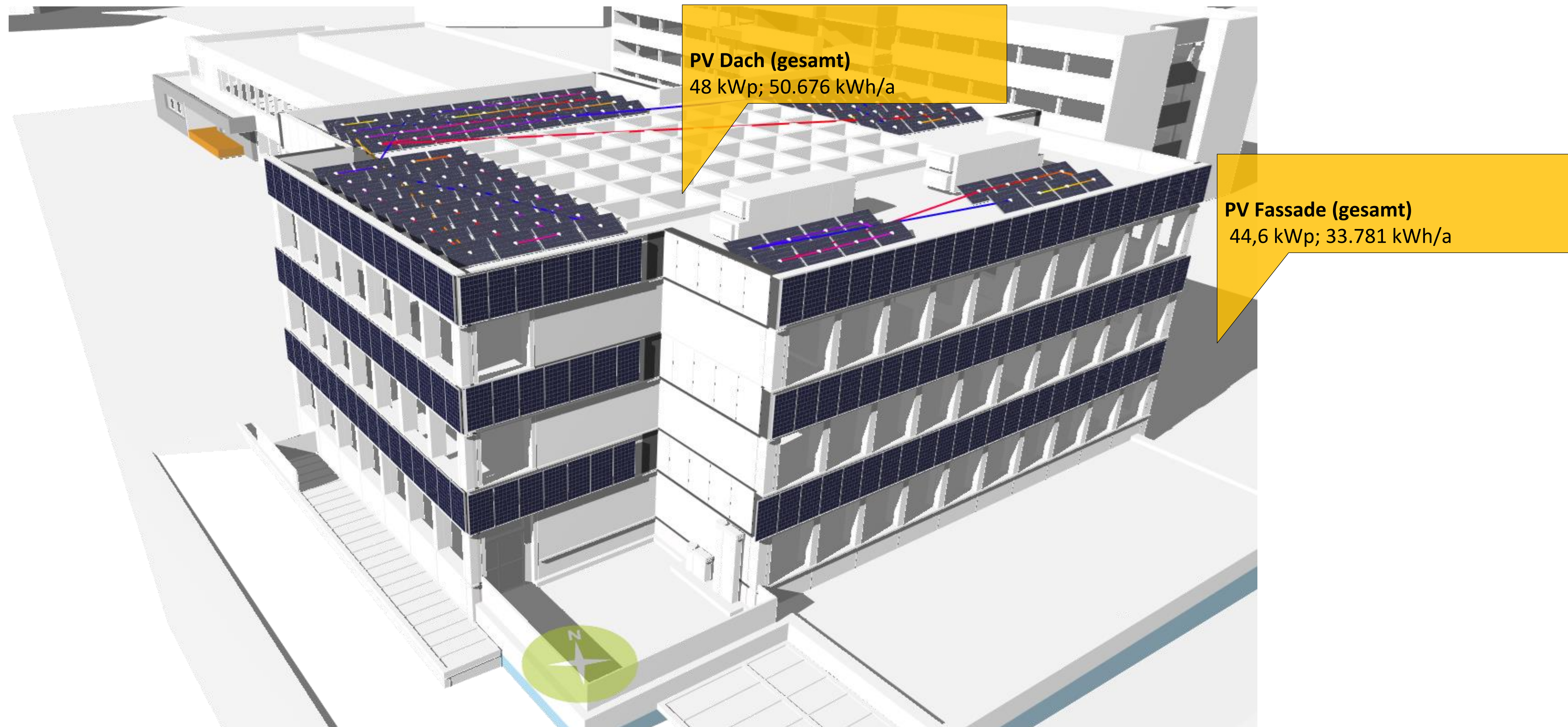


Anforderungen an die Gebäudetechnik: Überwärmung Wärmeeintrag durch Gläser in kWh (Mai-September) in kWh*

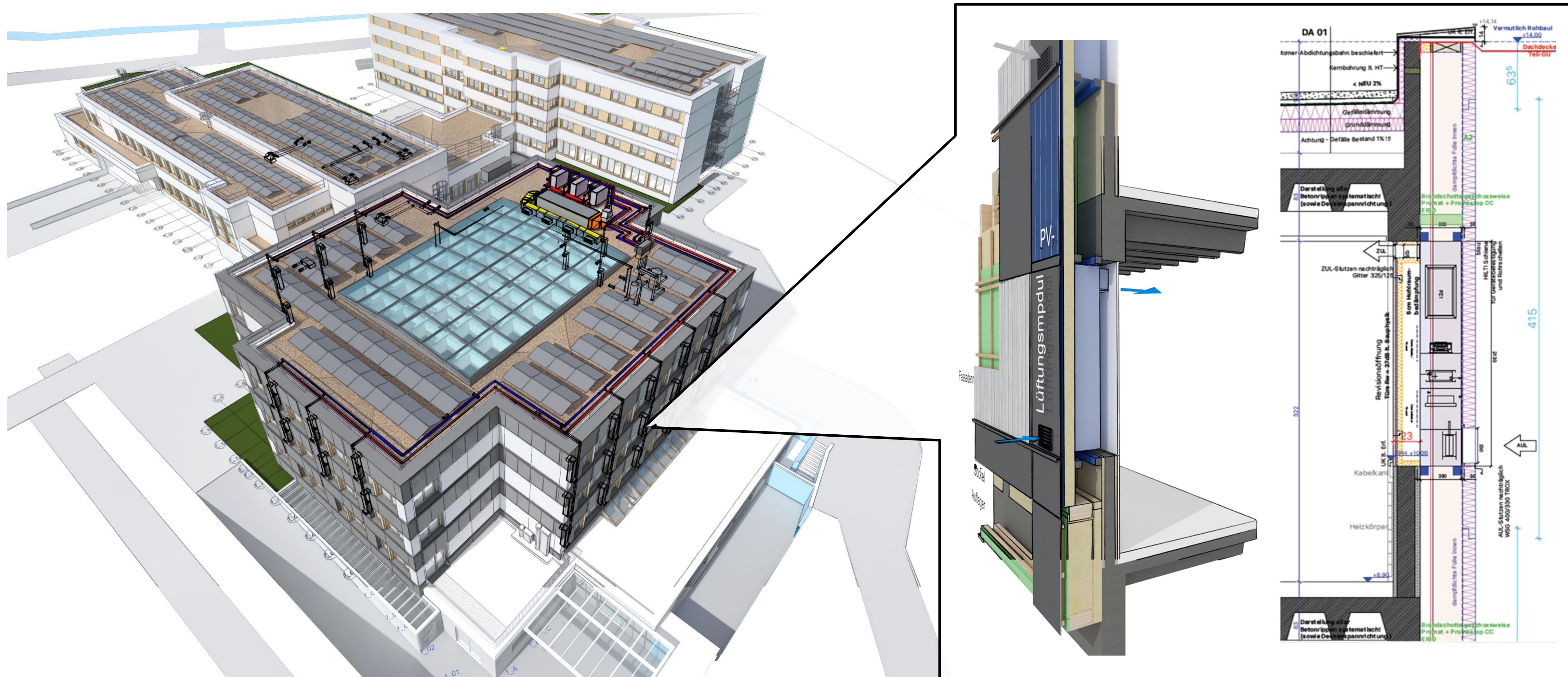


LBS Knittelfeld – Potential Dach(S-O) + Fassade

92,6 kWp PV-Paneele; Verkabelung und Wechselrichter

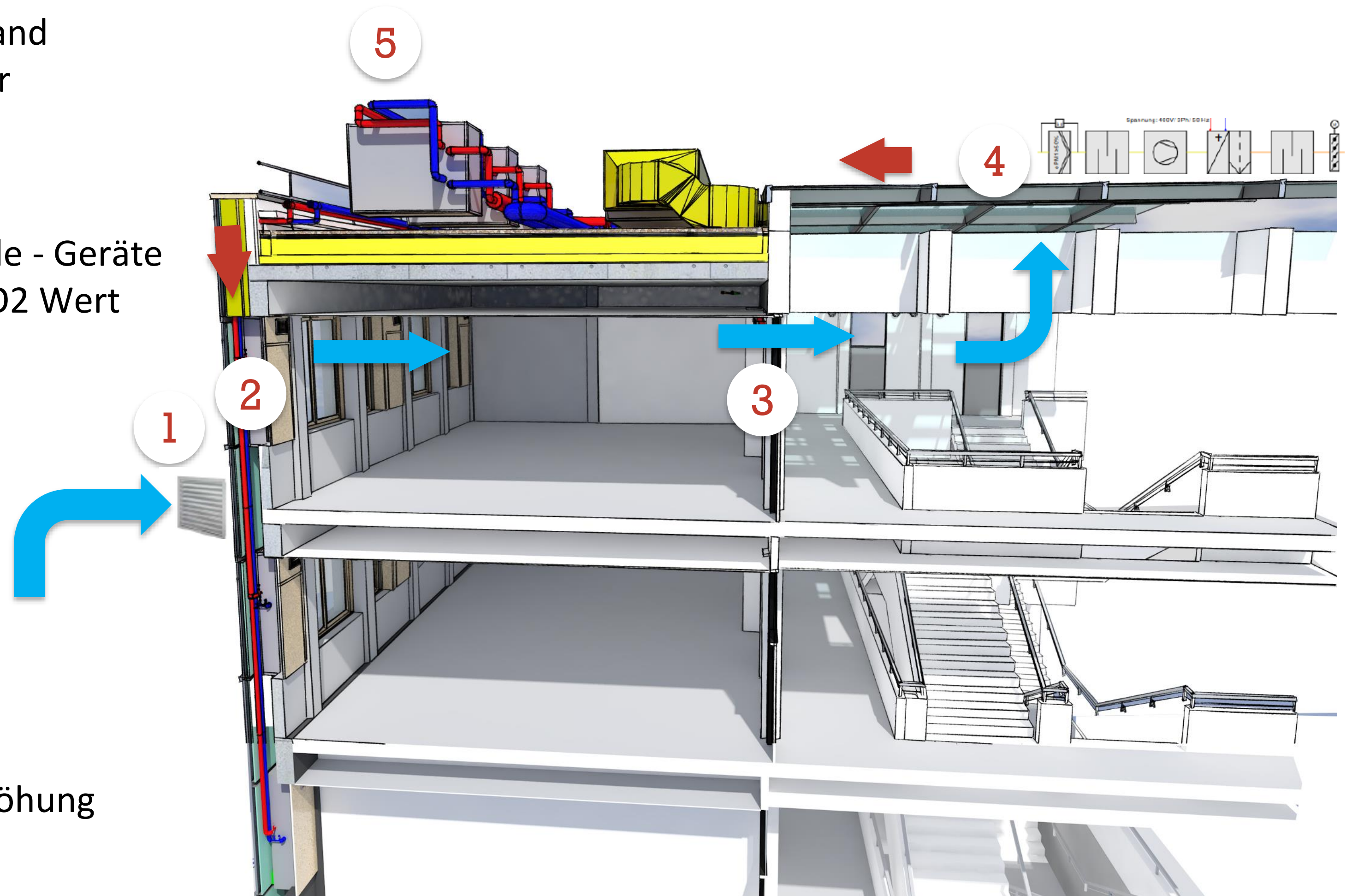


Anforderungen an die Gebäudetechnik: Fassadenintegrierte Lüftung



Anforderungen an die Gebäudetechnik: Fassadenintegrierte Lüftung

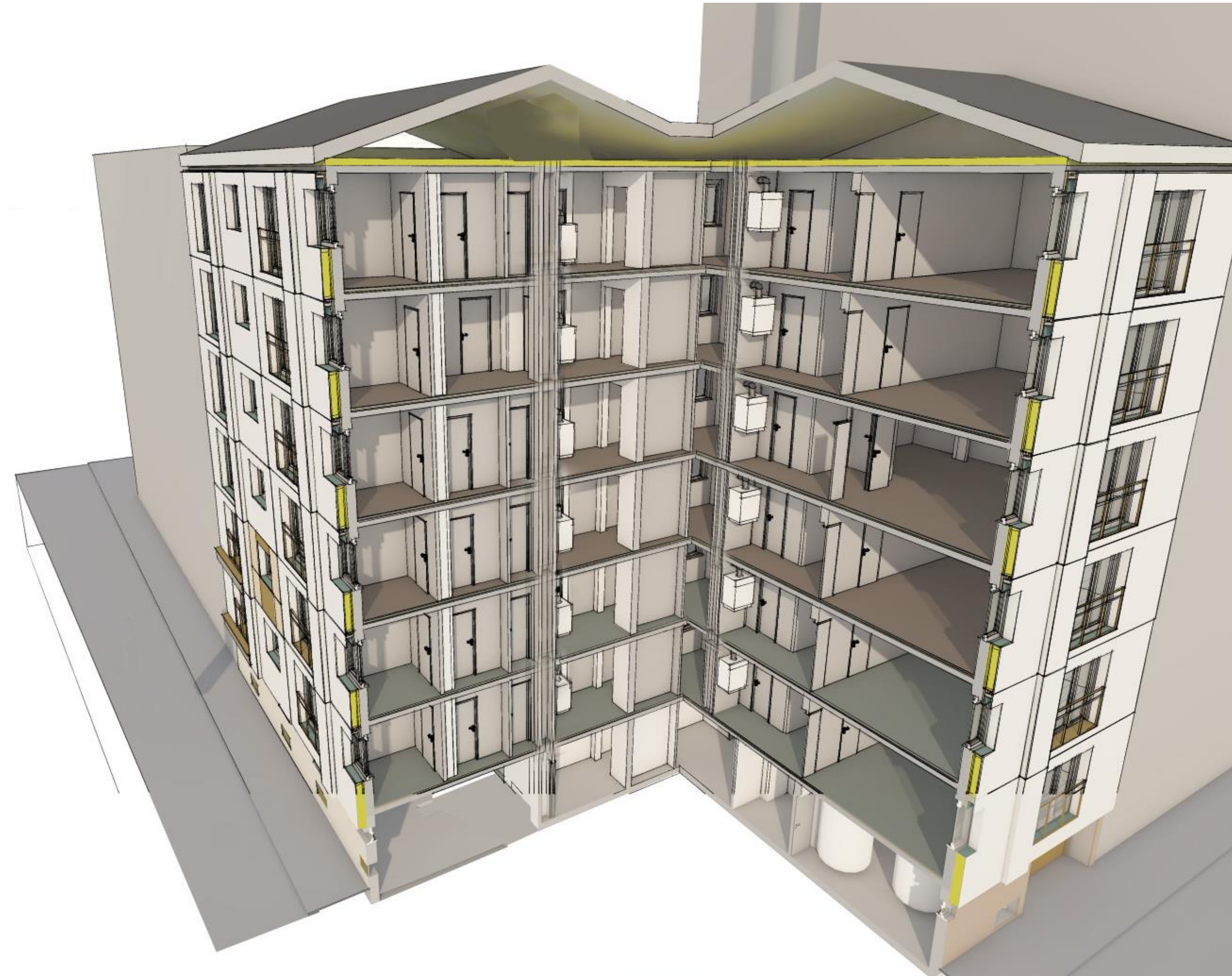
- ① Ansaugung Frisch- bzw. Außenluft über die Außenwand
Erwärmung der Zuluft in den Raum aus rückgewonnener
Wärmeenergie
- ② Vorwärmung der Zuluft erfolgt über Fassadenmodule - Geräte
sitzen in der Fassade; EC-Ventilator, Drehzahl je nach CO2 Wert
Raum max. 20 m³/h/Person
- ③ Überströmung in die Aula
- ④ Absaugung an Decke in der Aula (Lichthof)
Entzug der Wärme aus dem Abluftstrom über
Luft/Wasser Register
- ⑤ Einsatz von Wasser/Wasser Wärmepumpen zur Erhöhung
der Vorlauftemperaturen (-Wärmepumpenkaskade)
Überschuss aus PV



Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

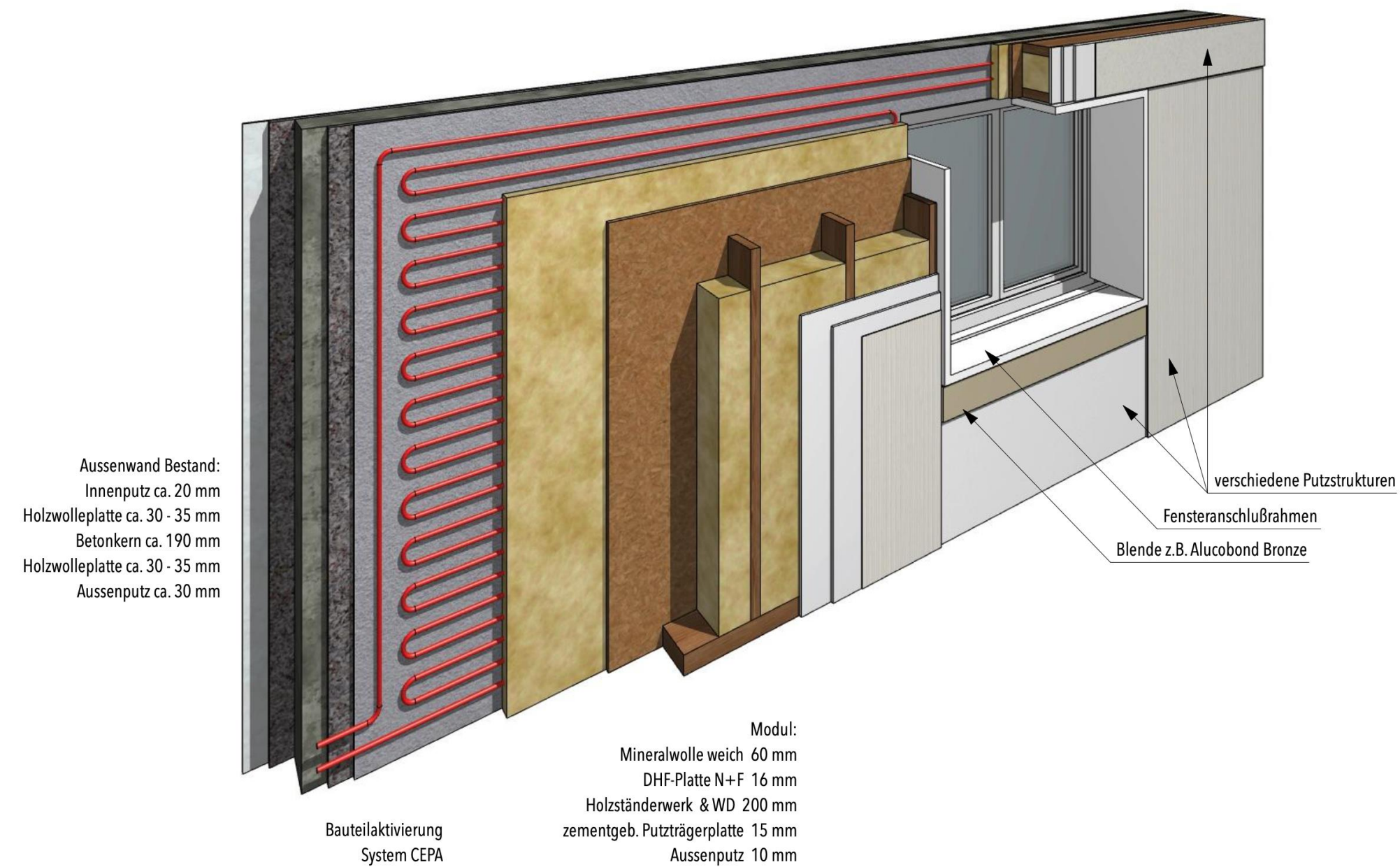


RENVÉLOPE Demonstrator Wien
Sozialbau AG



Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

① Serielle Sanierung der Gebäudehülle

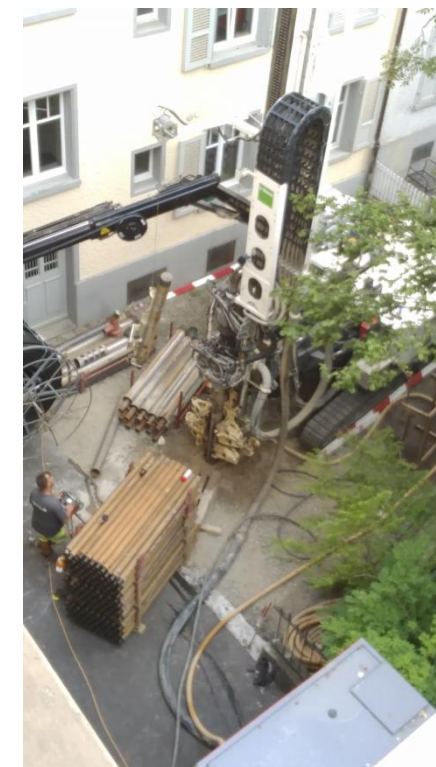


Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

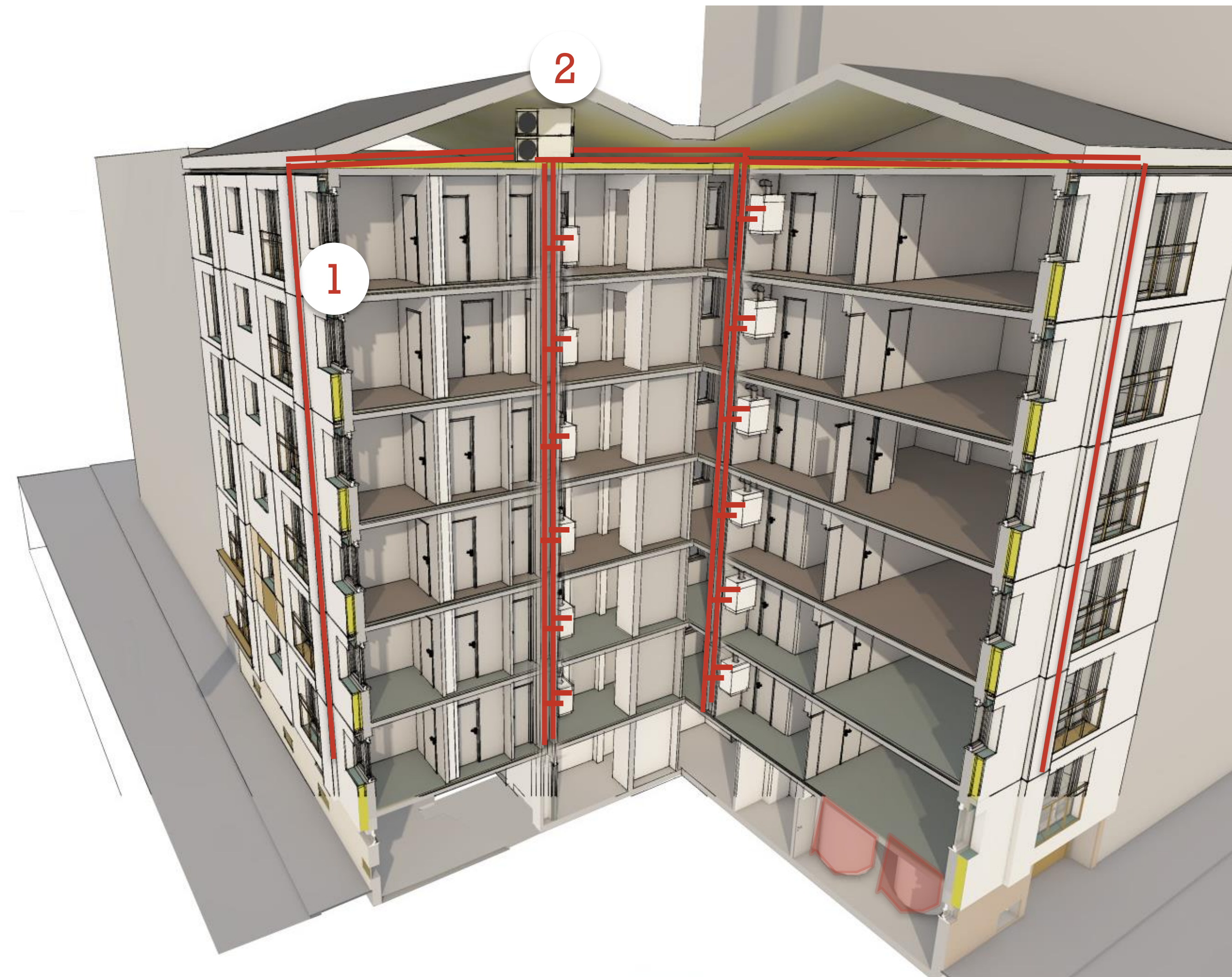
- ① Serielle Sanierung der Gebäudehülle
- ② Neue zentrale Wärmepumpe/ Zentralisierung der Wärmeversorgung über bestehende Kaminschächte und Fassade



Luftwärmepumpe im Dachraum
Quelle Sozialbau AG

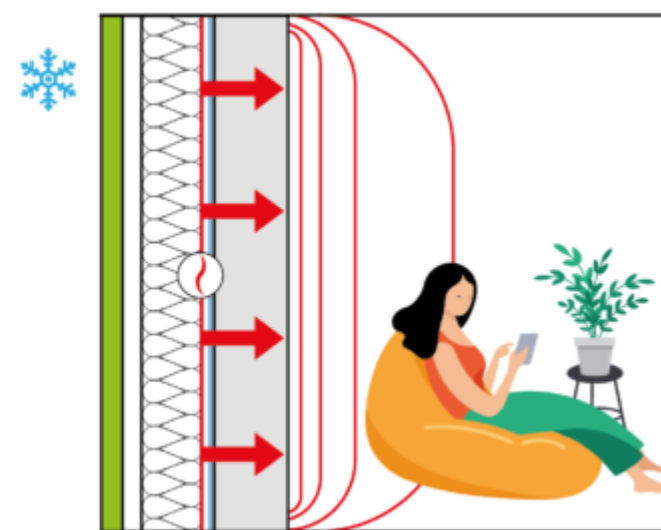
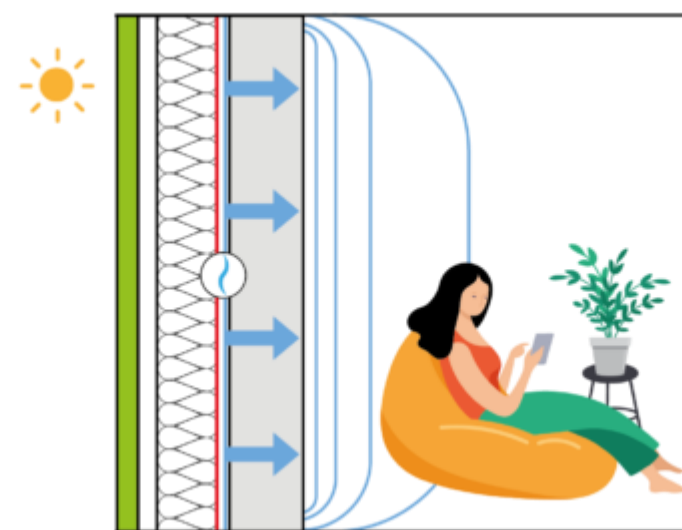
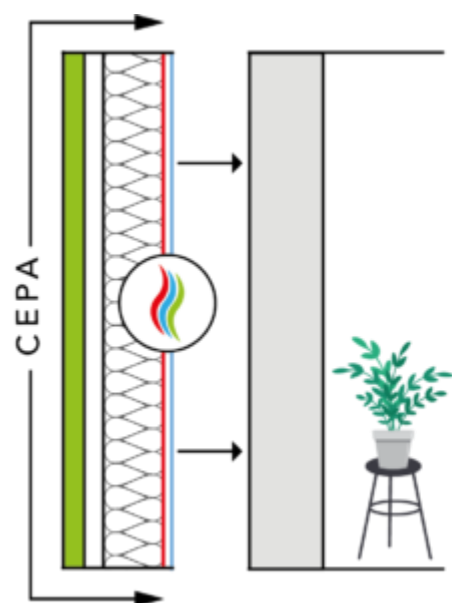
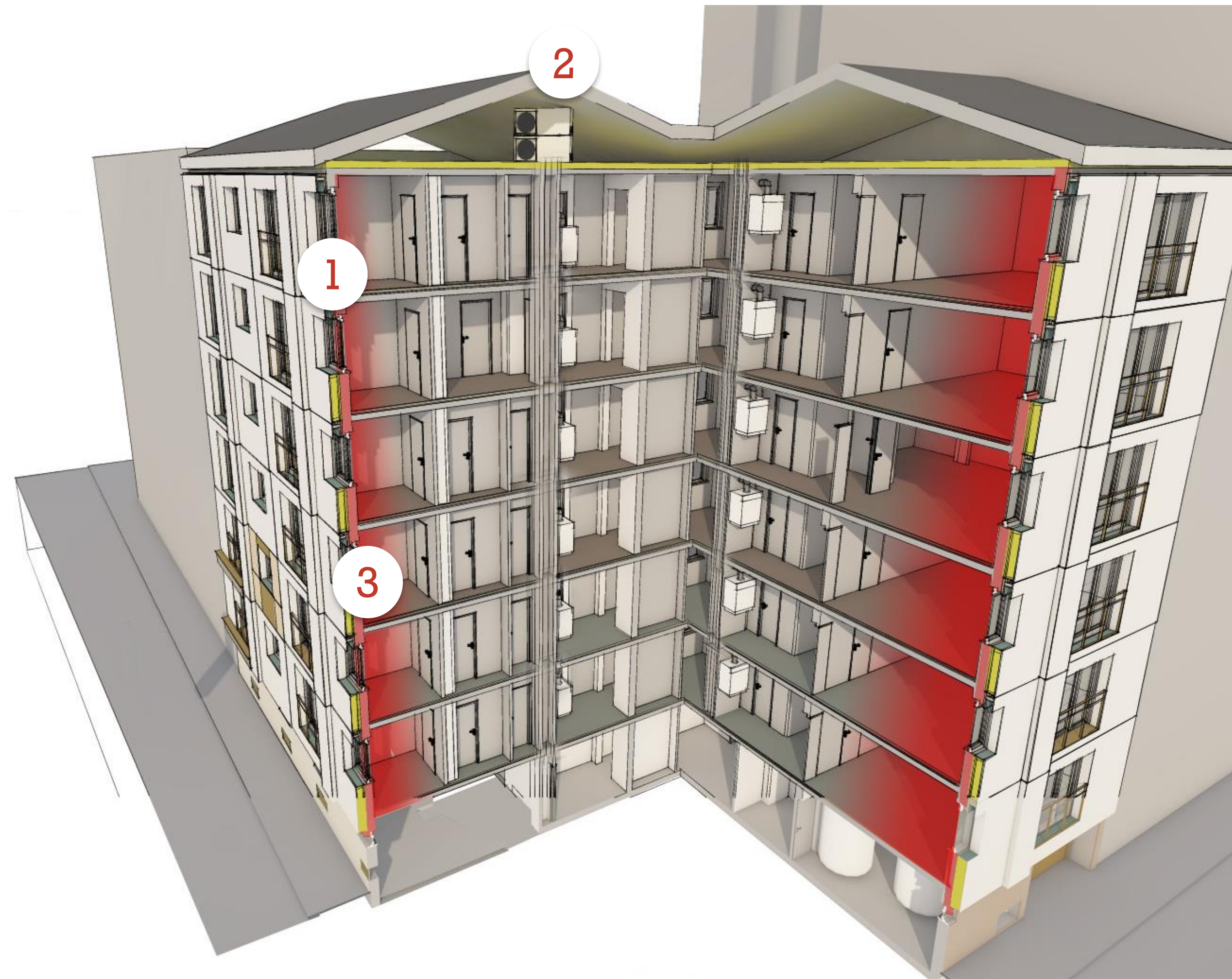


Alternative Erdsondenbohrung im Innenhof oder Öffentlichem Gut



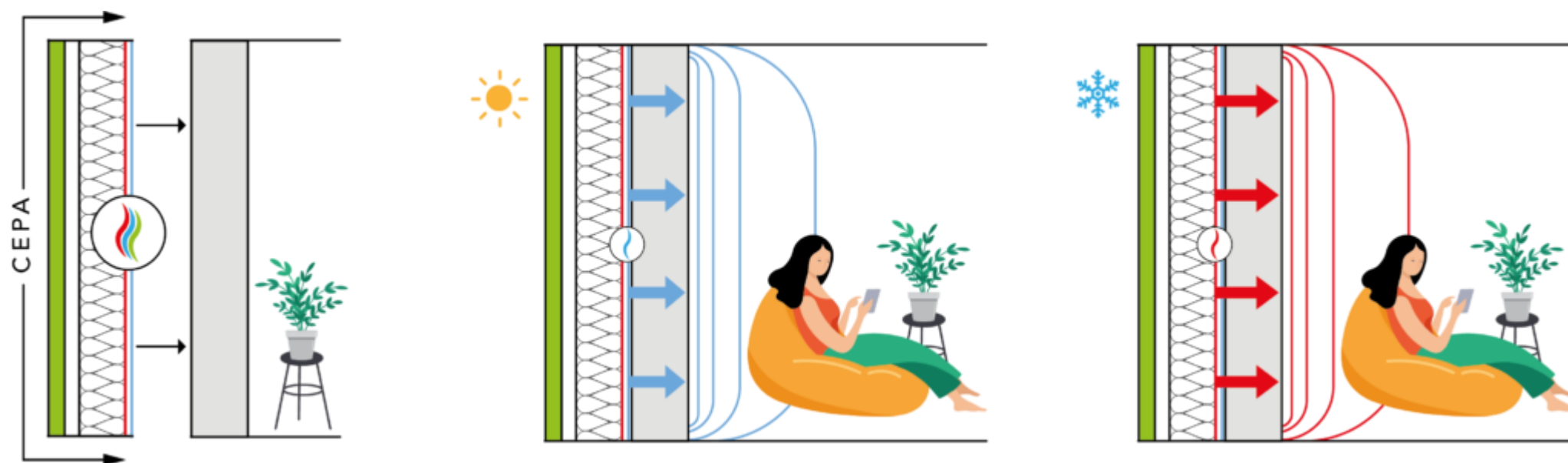
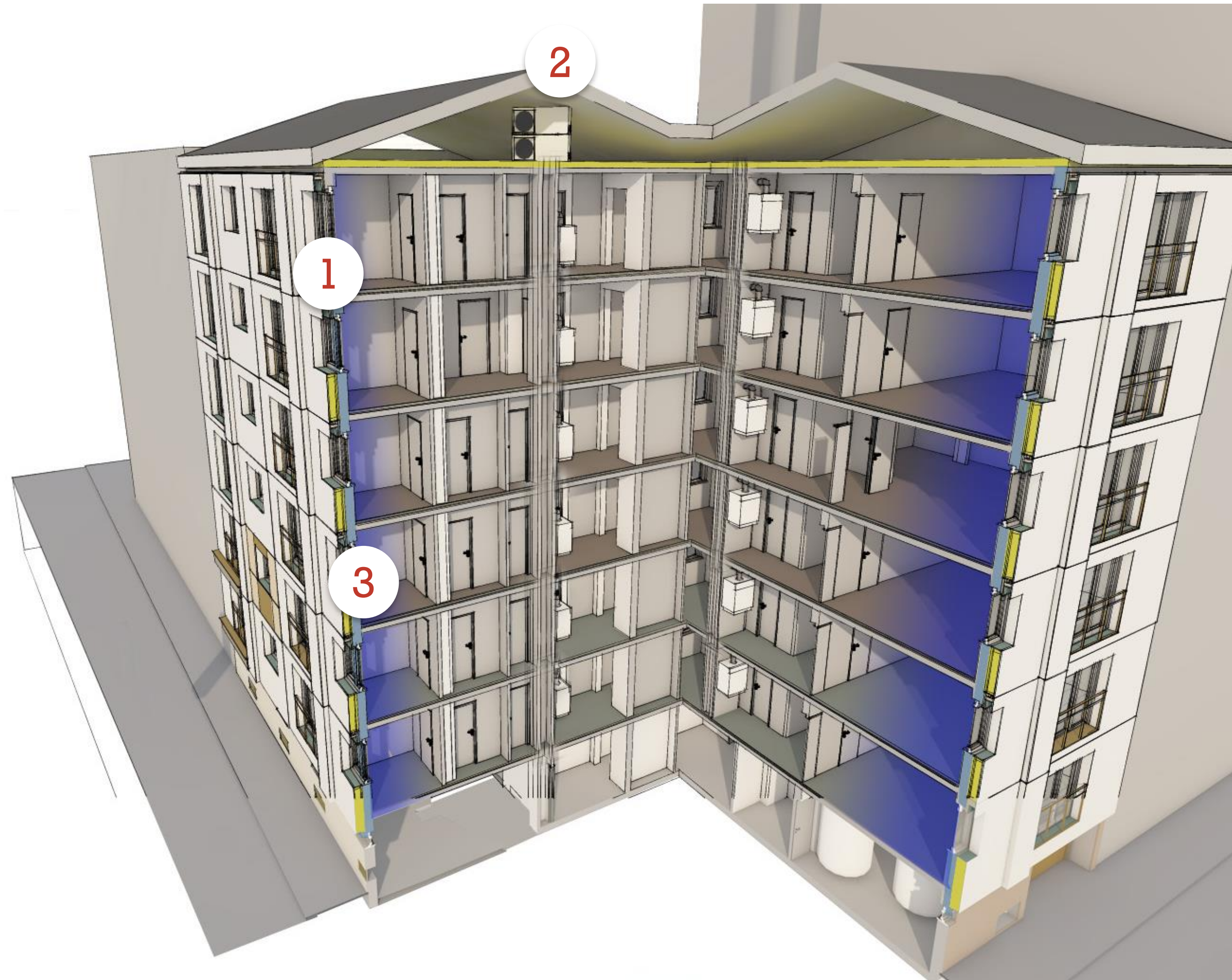
Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

- ① Serielle Sanierung der Gebäudehülle
- ② Neue zentrale Wärmepumpe/ Zentralisierung der Wärmeversorgung über bestehende Kaminschächte und Fassade
- ③ Niedertemperatur-Heizen und Kühlen über außenliegende Bauteilaktivierung



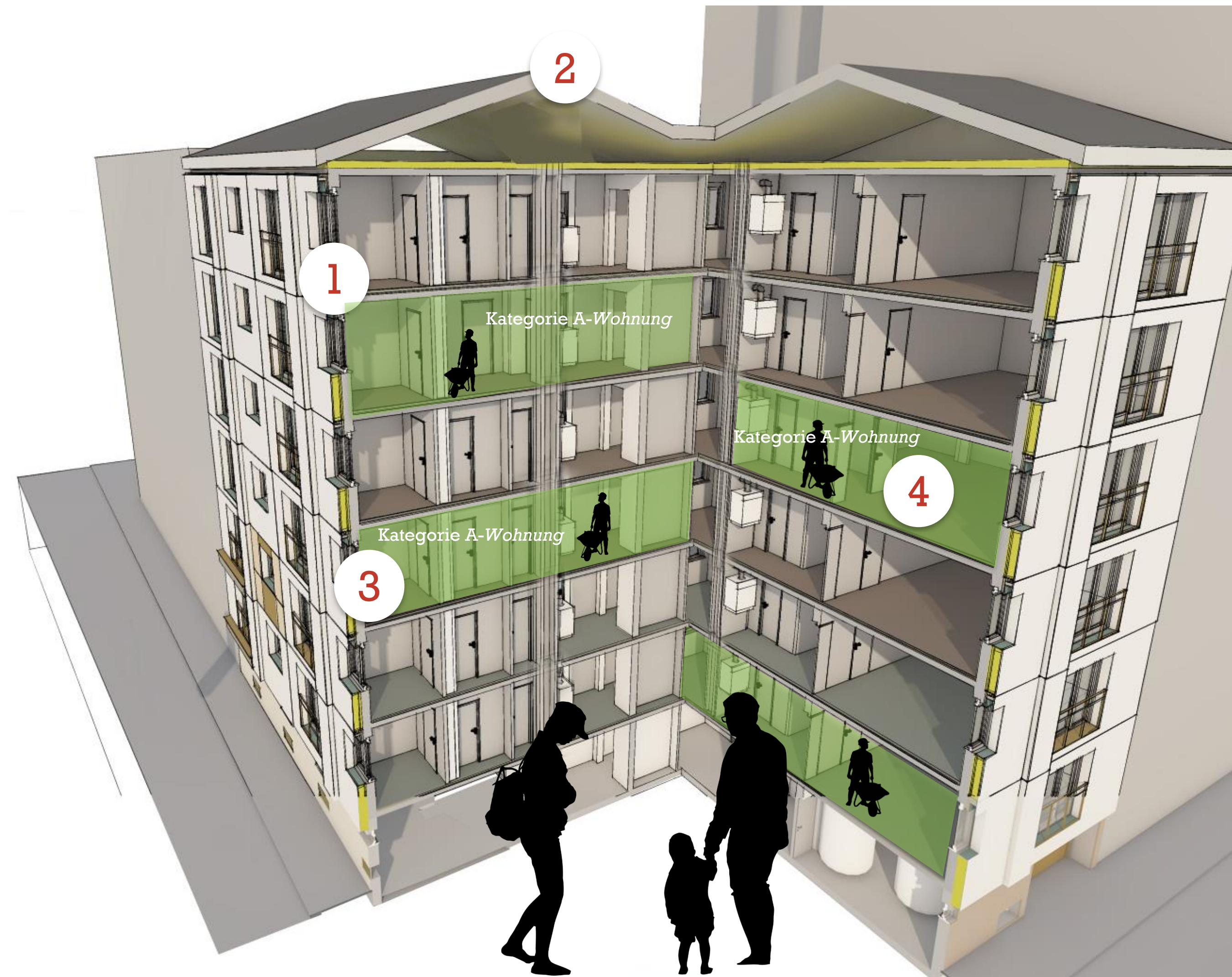
Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

- ① Serielle Sanierung der Gebäudehülle
- ② Neue zentrale Wärmepumpe/ Zentralisierung der Wärmeversorgung über bestehende Kaminschächte und Fassade
- ③ Niedertemperatur-Heizen und Kühlen über außenliegende Bauteilaktivierung

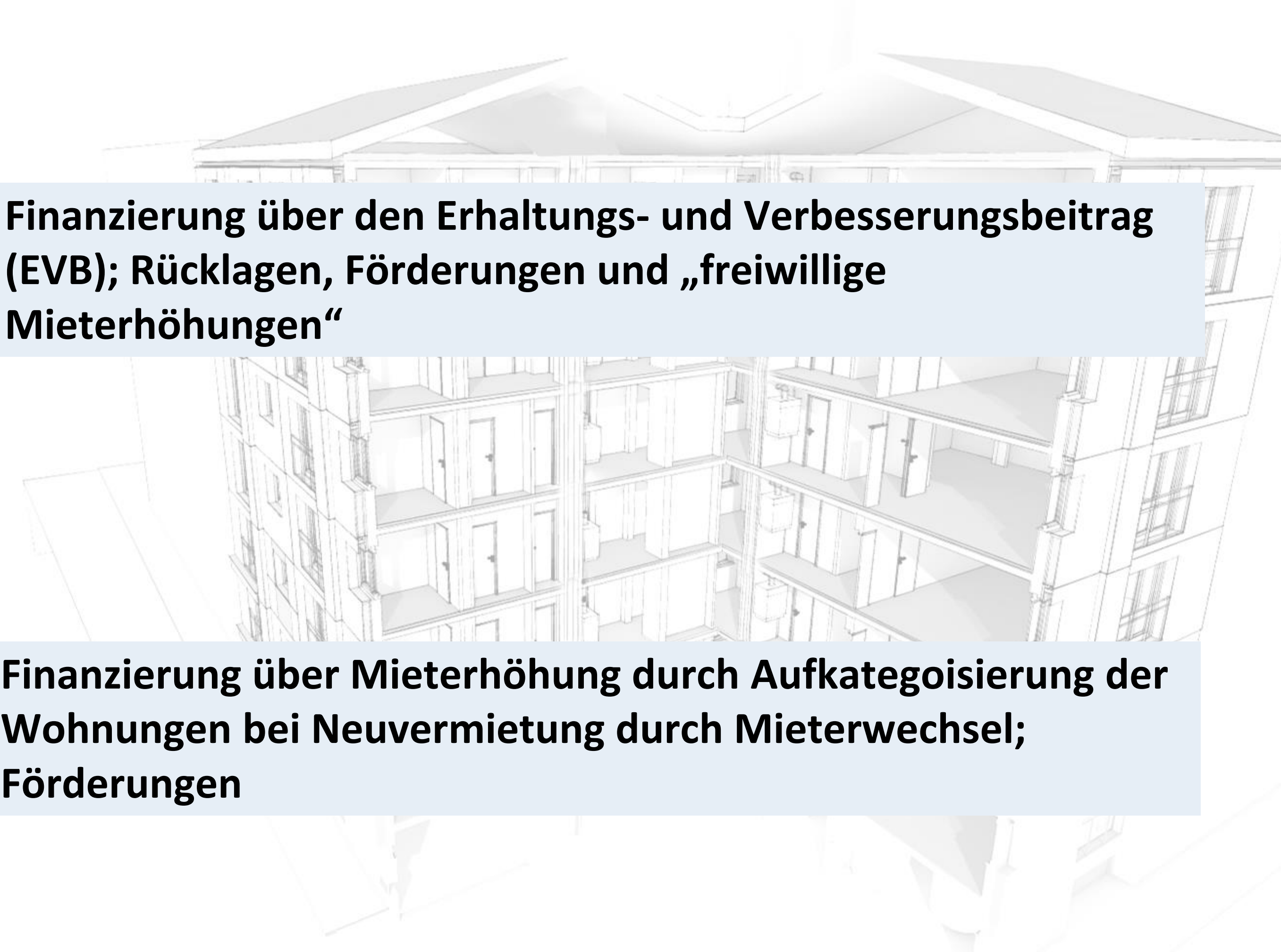


Knackpunkt Zentrale Wärmeverteilung für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung – Arenberggasse

- ① Serielle Sanierung der Gebäudehülle
- ② Neue zentrale Wärmepumpe/ Zentralisierung der Wärmeversorgung über bestehende Kaminschächte und Fassade
- ③ Niedertemperatur-Heizen und Kühlen über außenliegende Bauteilaktivierung
- ④ Innensanierung/ „Aufkategorisierung“ der Wohnungen individuell bei Mieterwechsel



- ① Serielle Sanierung der Gebäudehülle
- ② Neue zentrale Wärmepumpe/ Zentralisierung der Wärmeversorgung über bestehende Kaminschächte und Fassade
- ③ Niedertemperatur-Heizen und Kühlen über außenliegende Bauteilaktivierung



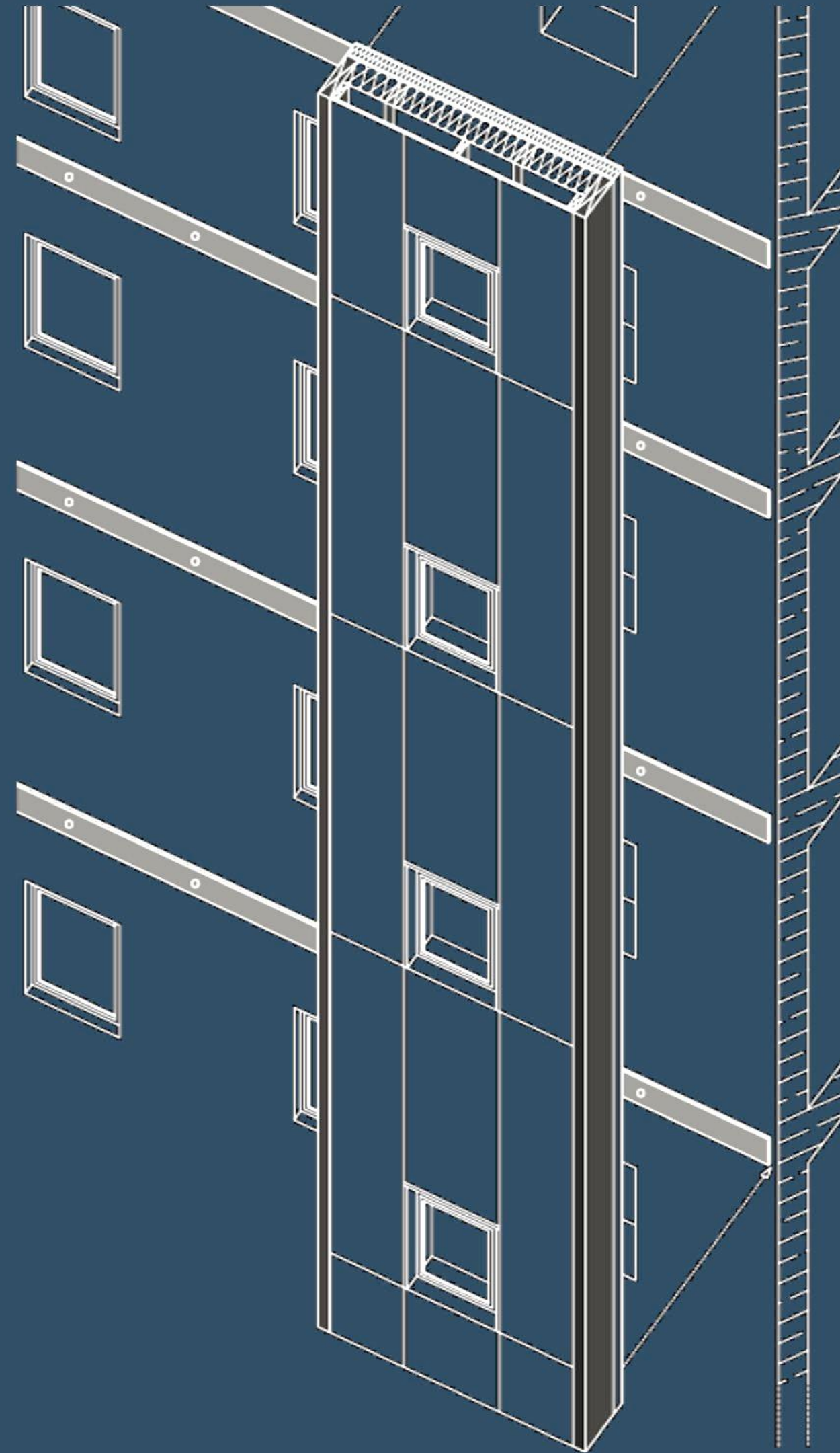
Finanzierung über den Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag (EVB); Rücklagen, Förderungen und „freiwillige Mieterhöhungen“

- ④ Innensanierung/ „Aufkategorisierung“ der Wohnungen individuell bei Mieterwechsel

Finanzierung über Mieterhöhung durch Aufkategorisierung der Wohnungen bei Neuvermietung durch Mieterwechsel; Förderungen

V. RENVELOPE - Energy Adaptive Shell

03 – Grüne Gasse Graz





Demo03 – Grüne Gasse - Studentenwohnheim

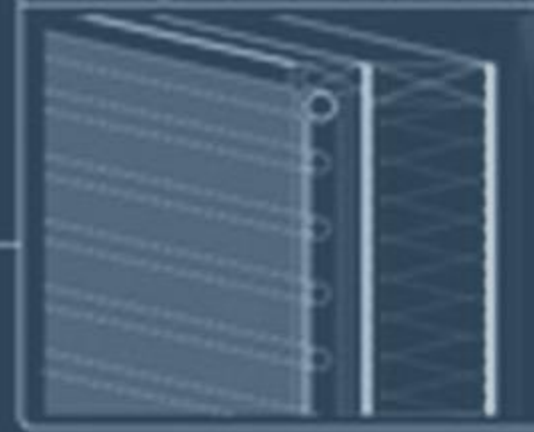


Bildquelle: Rottenmanner Siedlungsgenossenschaft und Towner3000

Schlussbemerkungen



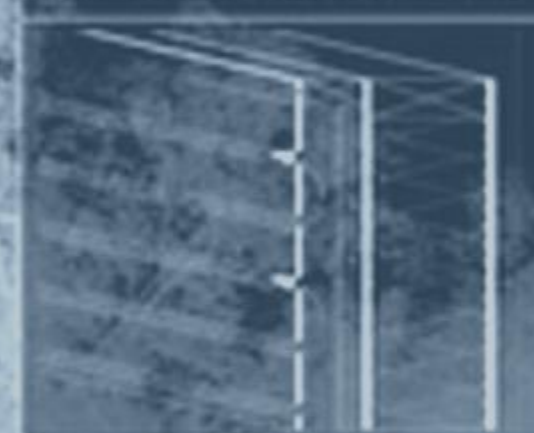
Prefabricated Timber Construction with integrated thermal solar collector



Prefabricated Facade Element with a "Swing-out Balcony"



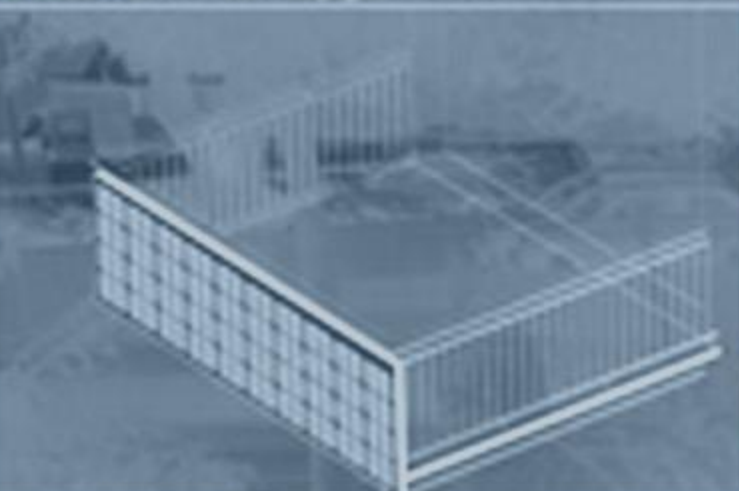
Prefabricated Timber Construction



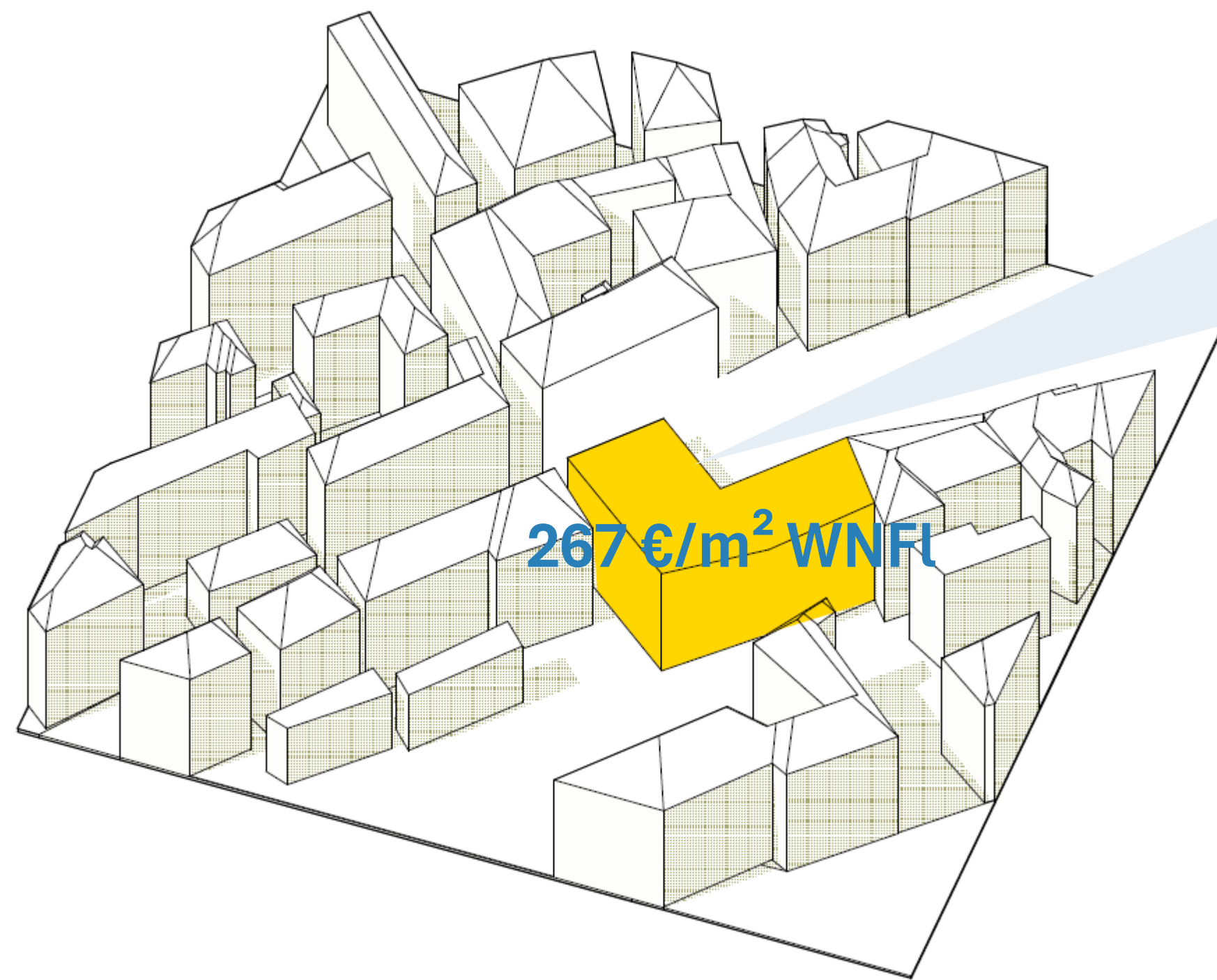
COLOURFACE: Coloured Collector Facades solar heating system and building insulation



Balcony-integrated Solar Photovoltaic Modules for electricity generation

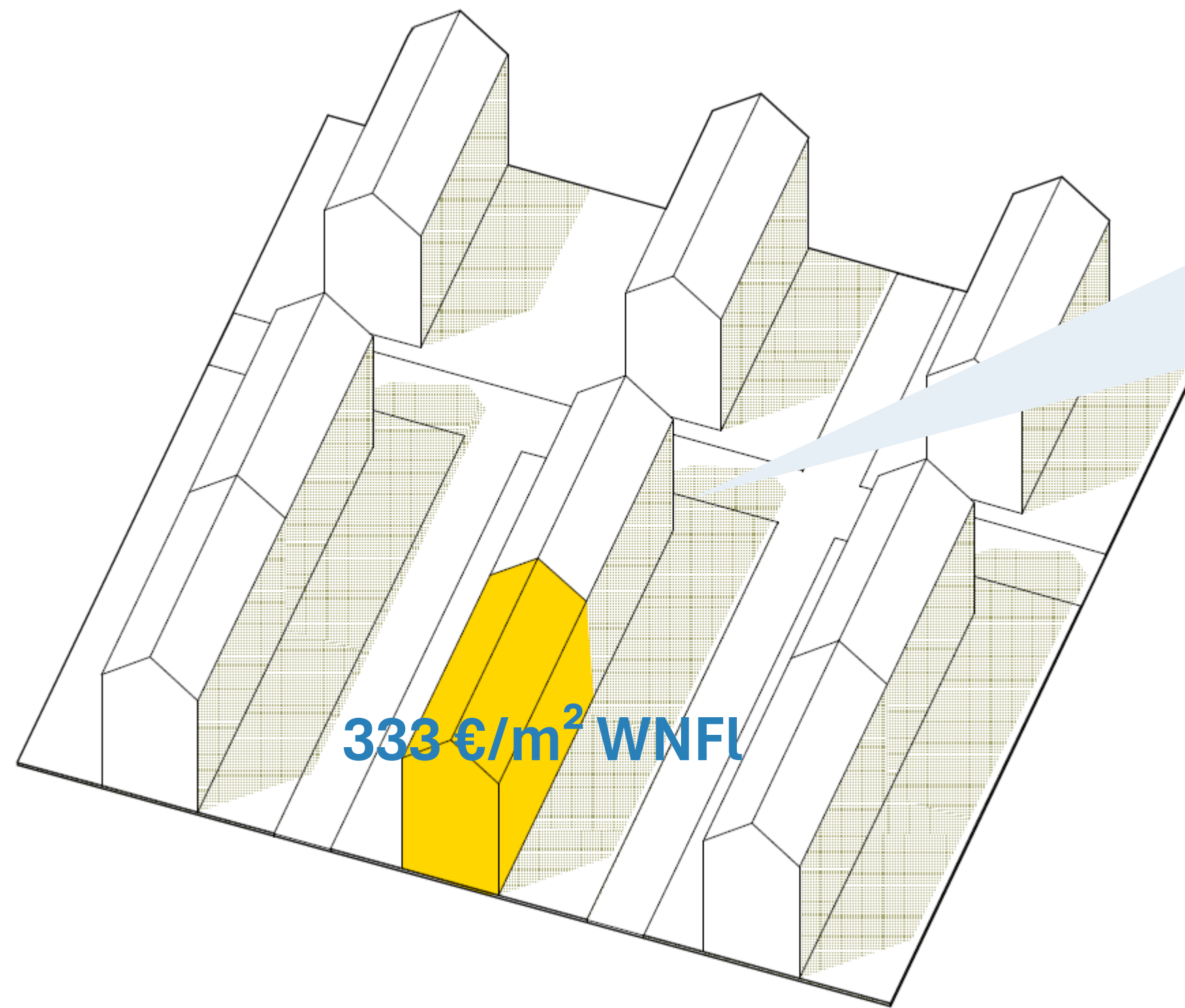


Fassadensanierungskosten - Verhältnis (Fassaden/WNFI) bei jeweils 500 €/m² Fassade



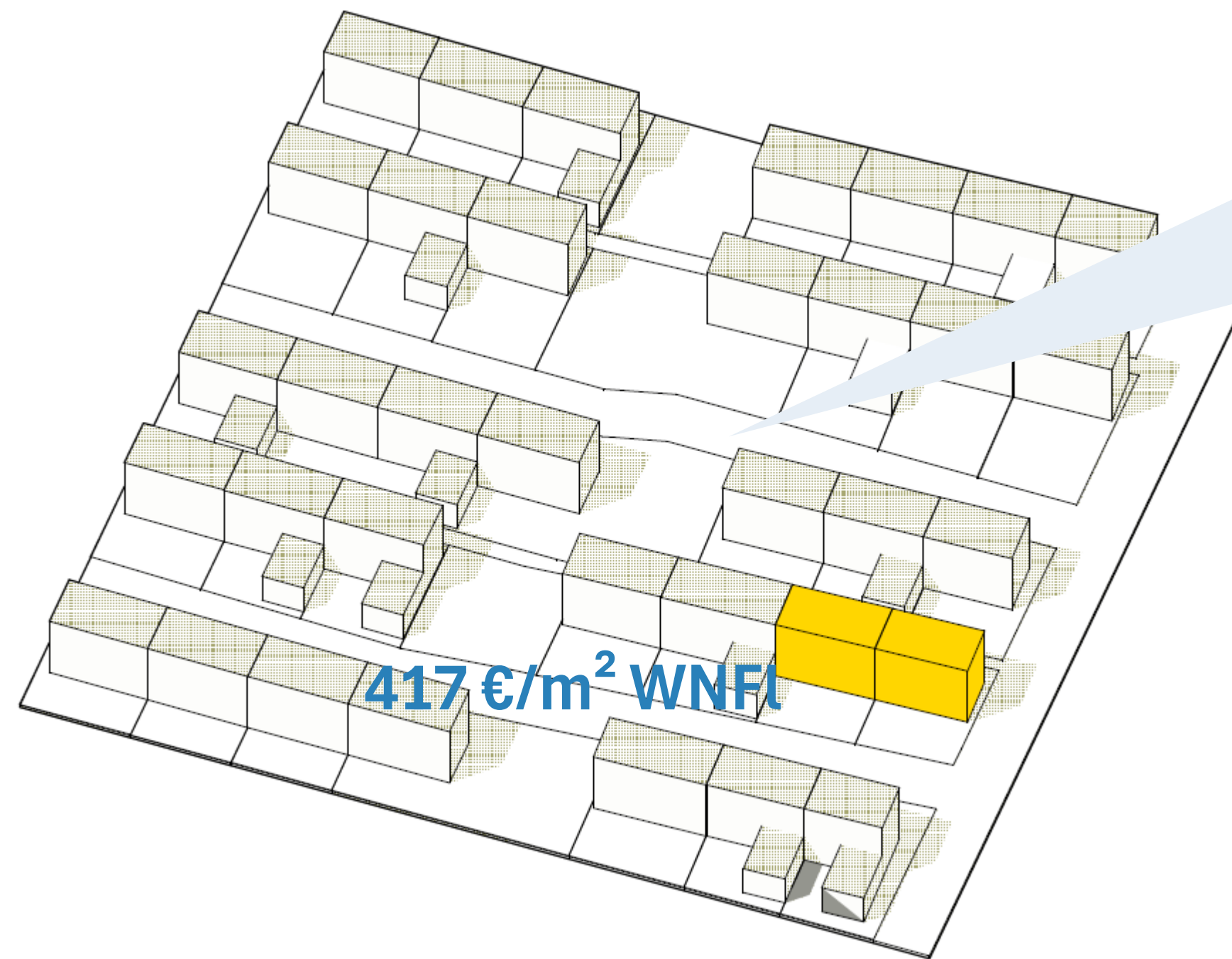
Gebäudetyp	Arenberggasse
Geschosse	6
Wohnnutzfläche (m ²)	1.633
Fassadenfläche (m ²)	873
Verhältnis (Fassaden/WNFI)	0,53
Fassadensanierungskosten	436.500
Kosten pro m² Wohnnutzfläche (€)	267

Fassadensanierungskosten - Verhältnis (Fassaden/WNFI) bei jeweils 500 €/m² Fassade



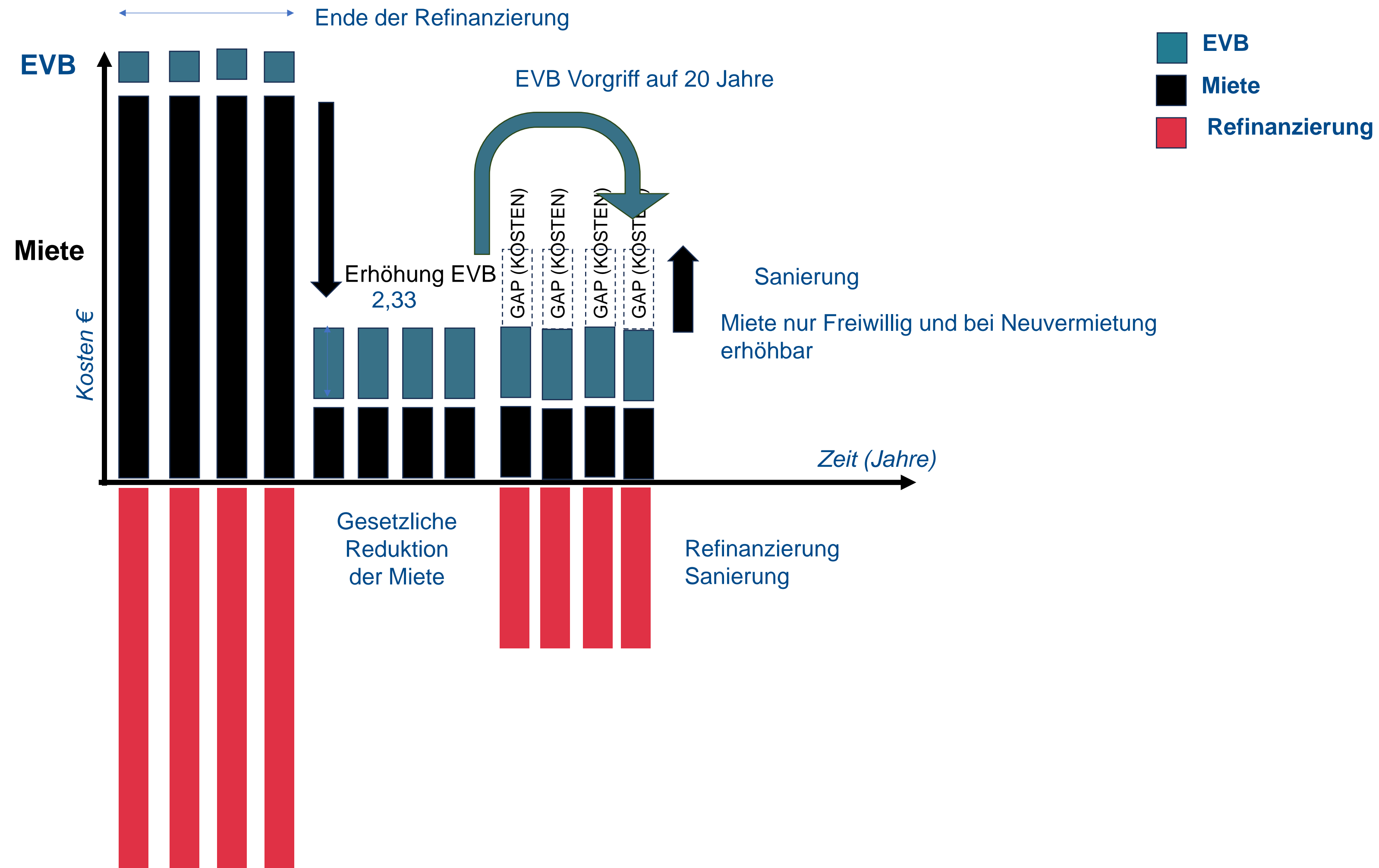
Gebäudetyp	Mehrgeschossiger Wohnbau
Geschosse	3
Wohnnutzfläche (m ²)	600
Fassadenfläche (m ²)	400
Verhältnis (Fassaden/WNFI)	0,67
Fassadensanierungskosten	200.000
Kosten pro m² Wohnnutzfläche (€)	333

Fassadensanierungskosten - Verhältnis (Fassaden/WNFI) bei jeweils 500 €/m² Fassade



Gebäudetyp	Reihenhaus
Geschosse	2
Wohnnutzfläche (m ²)	120
Fassadenfläche (m ²)	100
Verhältnis (Fassaden/WNFI)	0,83
Fassadensanierungskosten	50.000
Kosten pro m² Wohnnutzfläche (€)	417

Finanzierung Serieller Sanierung im gemeinnützigen Wohnungsbau ?



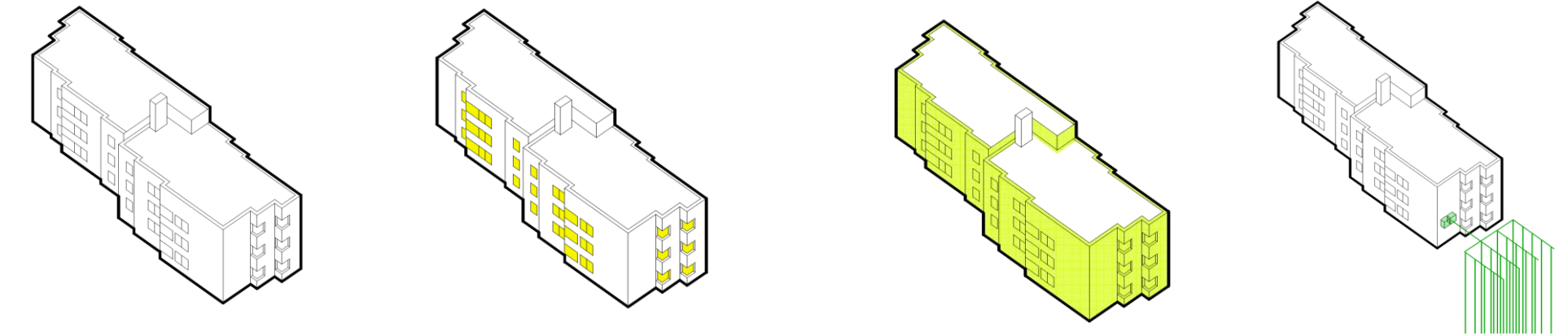
Finanzierung Serieller Sanierung im gemeinnützigen Wohnungsbau ?

Szenario	Szenario									
	Sanierungskosten (€/m ²)	EVB (€/m ² /Monat)	Rücklagen (€/m ²)	Förderung (%)	Mieterhöhung (€/m ² /Monat)	Verbleibende Kosten (€/m ²)	Benötigte jährliche Einnahmen (€/m ²)	Tatsächliche jährliche Einnahmen (€/m ²)	Amortisationsdauer (Jahre)	Erfüllung Refinanzierung über 20 Jahre?
Anonym Objekt 1.1: Hohe Rücklagen, moderate Förderung, geringe Mieterhöhung	700 €	2	150 €	20%	0,5	410 €	20,50€	30 €	13,67 Jahre	Ja
Anonym Objekt 2.1: Niedrige Rücklagen, hohe Förderung, keine Mieterhöhung	700 €	1,5	50 €	40%	0	370 €	18,50 €	18 €	20,56 Jahre	Nein
Anonym Objekt 3.1: Keine Rücklagen, geringe Förderung, moderate Mieterhöhung	700 €	2,33	0 €	10%	1	630 €	31,50 €	40 €	15,75 Jahre	Ja
Anonym Objekt 4.1: Keine Rücklagen, keine Förderung, keine Mieterhöhung	700 €	2,33	0 €	0%	0	700 €	35 €	27,96 €	25,04 Jahre	Nein
Anonym Objekt 5.1: Keine Rücklagen, 35% Förderung, keine Mieterhöhung	700 €	2	0 €	35%	0	455 €	22,75 €	24 €	18,96 Jahre	Ja
Anonym Objekt 1.2: Hohe Rücklagen, moderate Förderung, geringe Mieterhöhung	1.400 €	2	150 €	20%	0,5	970 €	48,50 €	30 €	32,33 Jahre	Nein
Anonym Objekt 2.2: Niedrige Rücklagen, hohe Förderung, keine Mieterhöhung	1.400 €	2,33	50 €	40%	0	790 €	39,50 €	27,96 €	28,25 Jahre	Nein
Anonym Objekt 3.2: Keine Rücklagen, geringe Förderung, moderate Mieterhöhung	1.400 €	2,33	0 €	10%	1	1.260 €	63,00 €	40 €	31,50 Jahre	Nein
Anonym Objekt 4.2: Keine Rücklagen, keine Förderung, keine Mieterhöhung	1.400 €	2,33	0 €	0%	0	1.400 €	70,00 €	27,96 €	50,07 Jahre	Nein
Anonym Objekt 5.2: Keine Rücklagen, 35% Förderung, keine Mieterhöhung	1.400 €	2,33	0 €	35%	0	910 €	45,50 €	27,96 €	32,55 Jahre	Nein

Serielle Sanierung – „Leistbarkeit ?“

Gegenüberstellung Kostenersparnis - Finanzierungskosten pro Haus

Investkosten	€/m ² WNFL
Dämmung oberste Geschoßdecke und Photovoltaik	100 €
Serielle Fassade	800 €
Umstellung des Heizungssystems auf Erdsonden	170 €
Summe Investkosten Umfassende Sanierung	1.070 €
Förderungen*	
Summe	-445 €/m²
<u>Investkosten Abzüglich Förderung</u>	<u>625 €</u>
monatliche Kreditrate (15 Jahre, 4% Zinsen)	5 €
Jährliche Kreditrate (x12)	60 €
Jährliche Ersparnis Wärme ***	-24 €
Jährliche Ersparnis Strom***	-9 €
Jährliche Ersparnis Reparaturen ****	-5 €
Summe	12 €
monatliche durchschnittliche Einsparung gerechnet auf 15 Jahre (3% Energiepreissteigerung p.a)	-4 €
Durchschnittliche monatliche Mehrbelastung pro Haus über 15 Jahre (Kreditrate abzüglich Einsparung)	1-1,5 €



Durchschnittliche monatliche Mehrbelastung pro Haus über 15 Jahre (Kreditrate abzüglich Einsparung)

1-1,5€/m²WNFL



(ohne Berücksichtigung der Sowieso Maßnahmen wenn nicht saniert wird)
(ohne Berücksichtigung Immobilienwertsteigerung; Verbesserung Wohnkomfort etc.)

*Förderung nur erzielbar bei Umsetzung alle Maßnahmen

***Gaspreis 0,12 cent pro kWh; Strompreis 0,25 cent pro kWh

**** Reduktion der Reparaturrücklage von 0,90 cent auf 0,45 cent pro m2

***** Finanzierung dzt. über Kredit > zur Besseren wirtschaftlichkeit wäre auch ein höheren Eigemittelanteil sinnvoll

V. SERIELLE GEBÄUDESANIERUNG – WO STEHEN WIR?

- **Potential:** Ca. 70.000 Gebäude in Österreich hätten das Potential seriell saniert zu werden. Rund 10.000 Gebäude davon wären auch wirtschaftlich sofort umsetzbar
- **Knackpunkte :** Minimalinvasive Sanierungen im bewohnten Zustand; Finanzierbarkeit der Maßnahmen bei vertretbaren Mieterhöhungen für die Bewohner:innen, vor allem im sozialen Wohnbau (rechtliche und finanzielle Hindernisse)
- **Serielle Sanierung:** Vorfertigung benötigt noch viele Personalstunden (Planung und Ausführung) wie Fertigung vor Ort, viel manuelle Arbeit kaum Automatisierung; Kostensenkungspotentiale durch die Skalierung wurden seit den ersten Projekten 2012 noch nicht gehoben
- **Ausblick:** Mit dem Vorzeigeregion Energie Leitprojekt RENVELOPE, soll nun gemeinsam mit Industriepartner:innen wie Rhomberg, Nussmüller Architekten und Towner3000 drei Demonstratoren umgesetzt werden und ein weiterer Schritt zur Markteinführung und Finanzierbarkeit serieller Sanierungslösungen gesetzt werden.



IDEA TO ACTION



AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Österreich

Website: www.aee-intec.at
Twitter: @AEE_INTEC

DI Dr. Tobias Weiss
T.weiss@aee.at

