Klimaneutrales Bauen und Sanieren
Think Tank Thurgau / Wissenschaftskongress 2025
19 Juni 2025

Wärmepumpensysteme zur Dekarbonisierung von großen bestehenden Wohngebäuden

Pierre Hollmuller

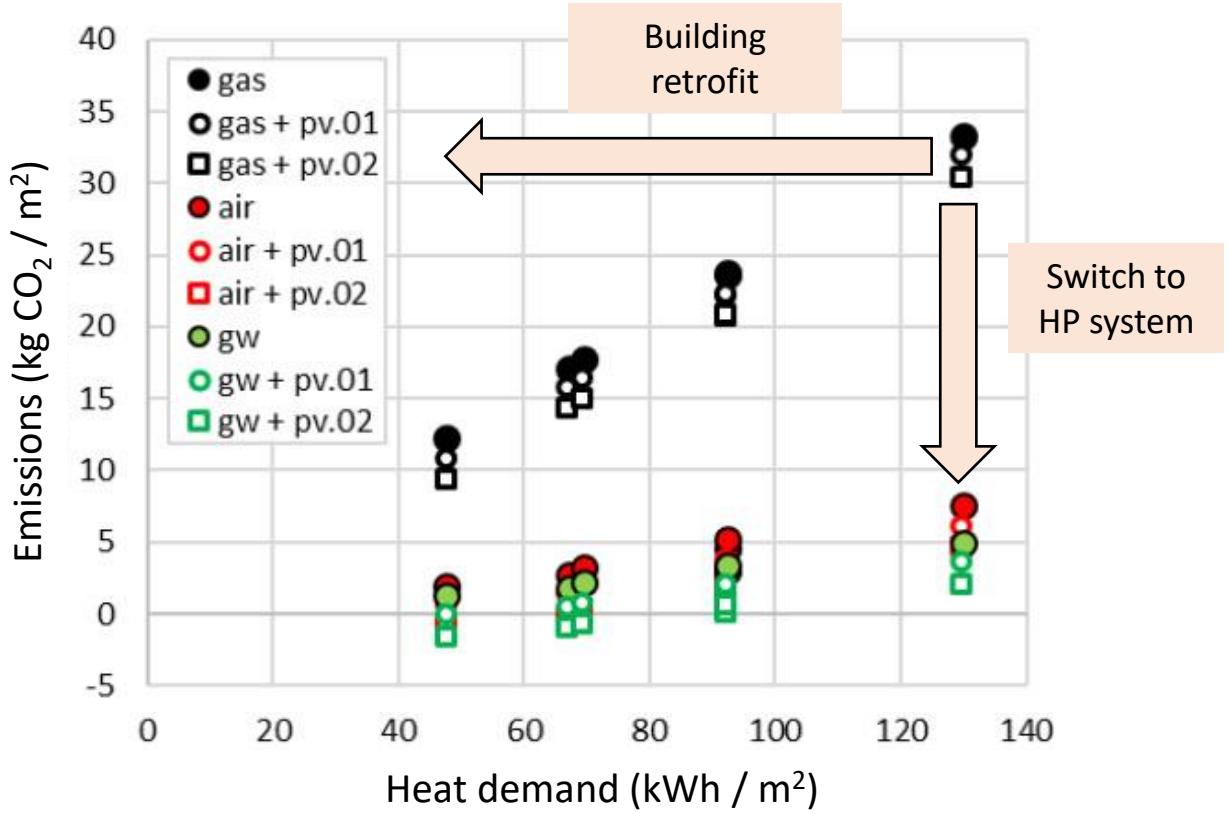
Groupe Systèmes Energétiques

Université de Genève

Fragen und Herausforderungen

Umstellung auf HP ⇔ Gebäude-Sanierung

Wege zur CO_2-Reduzierung im Gebäudebestand



Allgemeine Herausforderung:

- Senkung des Wärmebedarfs ➔ Sanierung der Gebäudehülle
- Umstellung auf erneuerbare Energien ➔ Umstellung des Wärmeerzeugungssystems

Romano et al, 2020: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:136512

Integration in bestehenden MF Gebäude

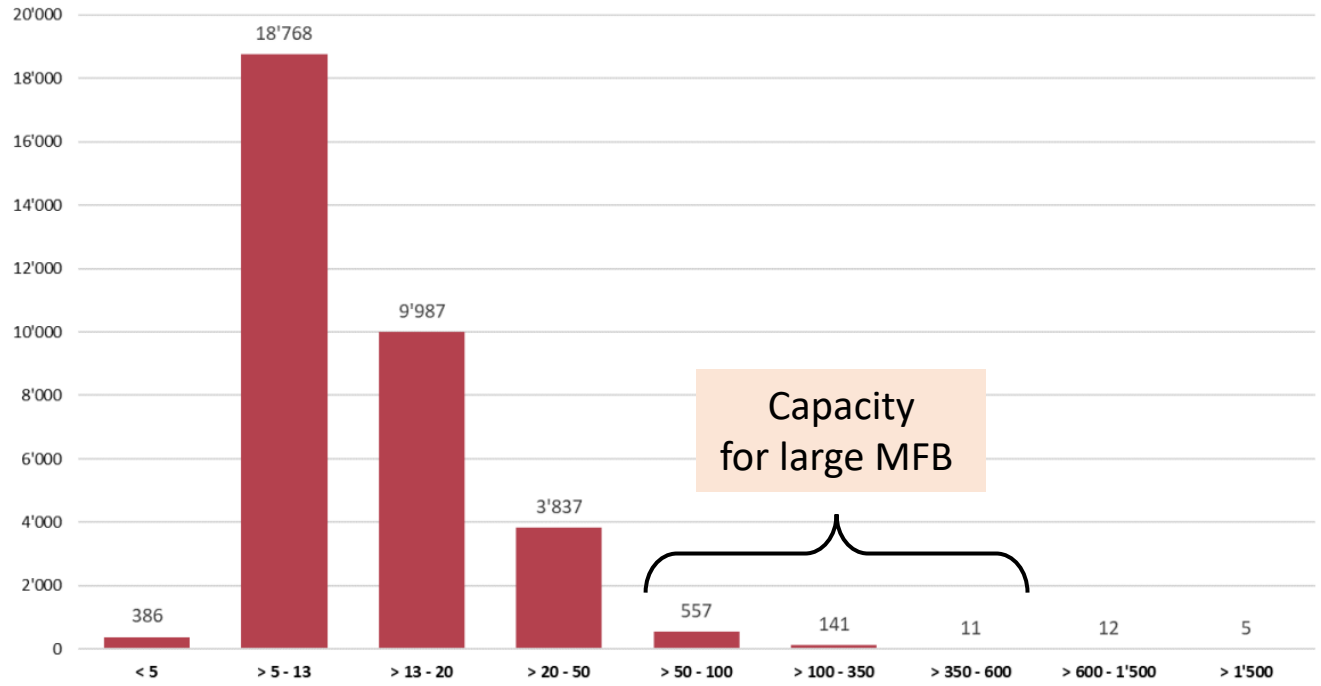
Herausforderungen (bestehende MF Gebäude):

- Geringerer Platz für die Wärmespeicherung
- Gewicht der Wärmepumpe / Dachkonstruktion
- Lärm (Luft-Wärmepumpe)Integration in das bestehende Hydraulik-/Verteilungssystem
- Künftige Reduzierung des Wärmebedarfs (Sanierung)
- Dilemma zwischen Eigentümer und Mieter

Knowledge / information gap:

- Mangel an standardisierten Schemas
- Mangel an robusten Kontrollstrategien (insbesondere für bivalente Systeme)
- Mangel an Fallstudien, Informationsblättern und Schulungsprogrammen

WP-Verkäufe in der Schweiz (2021) nach Leistung (kW)

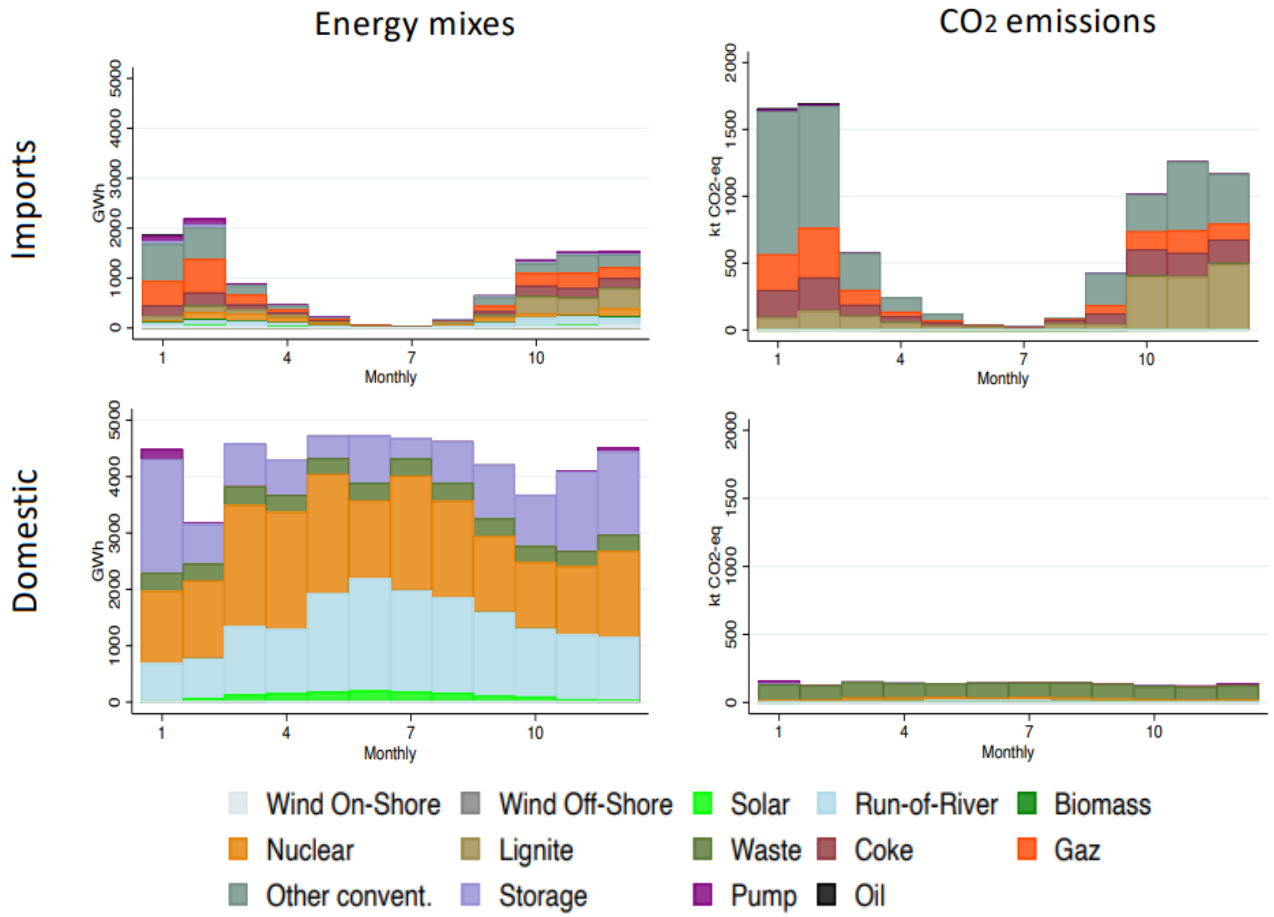


Source: Groupement professionnel Suisse pour les pompes à chaleur (GSP). Statistiques 2021

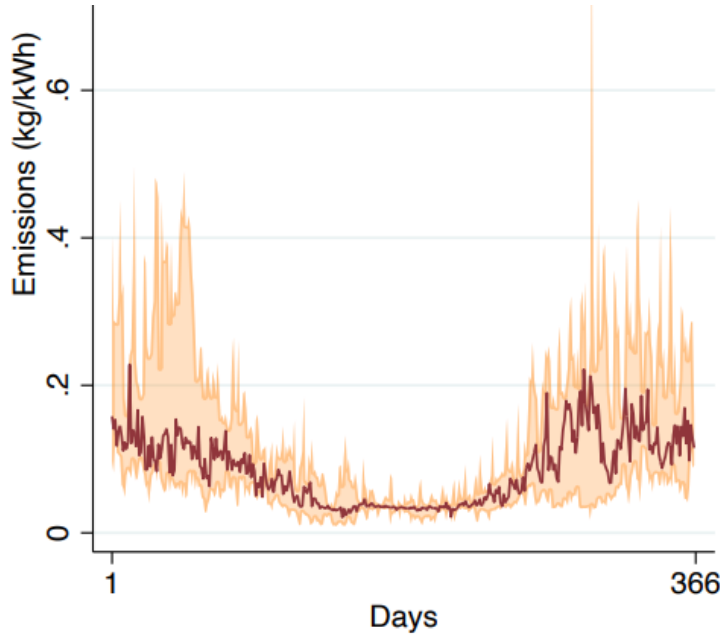
CO2-Emissionen von Strom

Stündlicher Schweizer Strommix (inkl. Importe)

Monthly evolution of imports and domestic generation



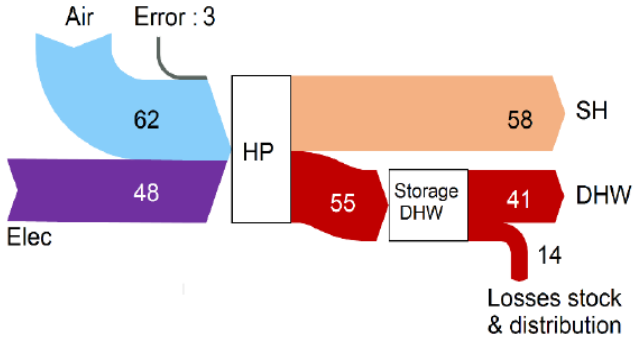
Hourly emission factor

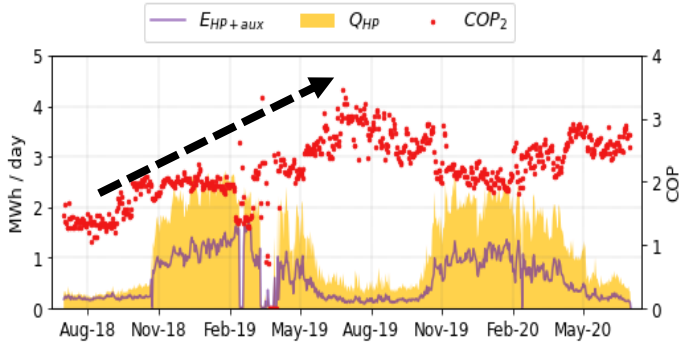


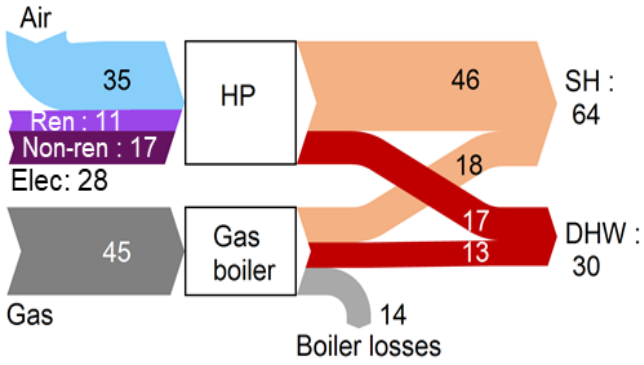
Data available under:
www.horocarbon.ch/shop.php

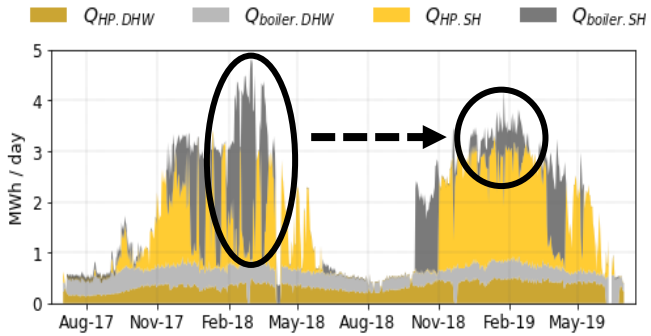
Source: Romano et al., 2024: https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133398

P&D – Luft/Wasser WP systeme für bestehende MF Gebäude









➔ CO2 savings: 92% (monovalent), 68% (bivalent)

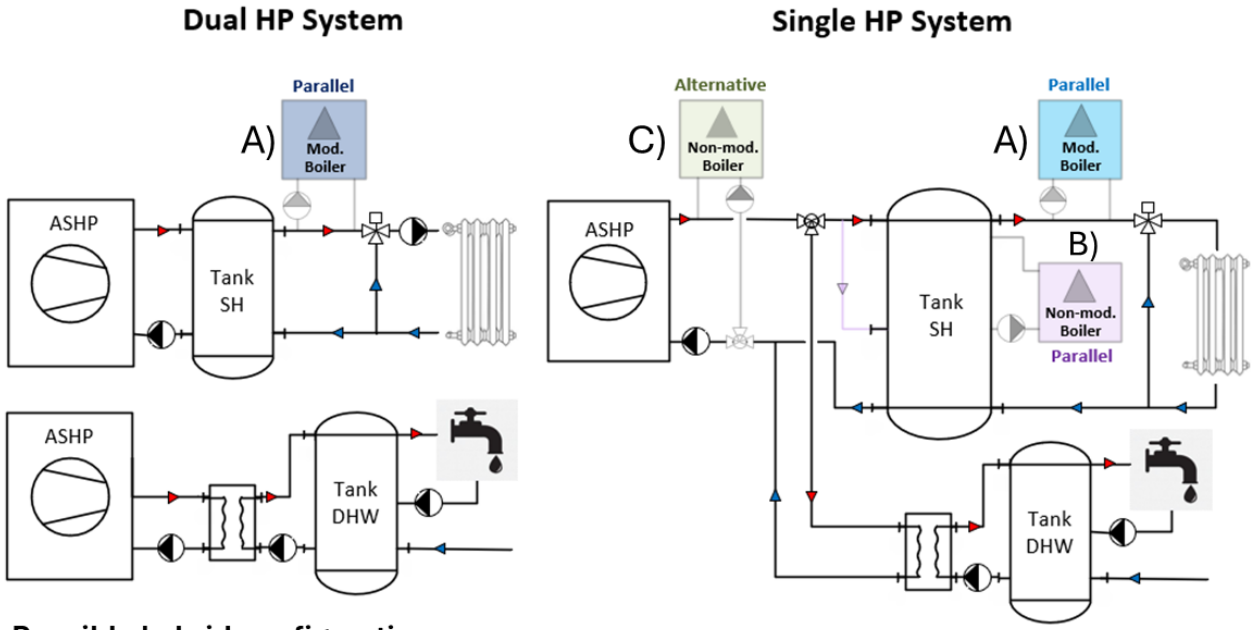
➔ Challenge: optimization of hydronic setup and control

Montero et al. (2022). https://archive-ouverte.unige.ch/unige:162052

WP Integration und Dimensionierung

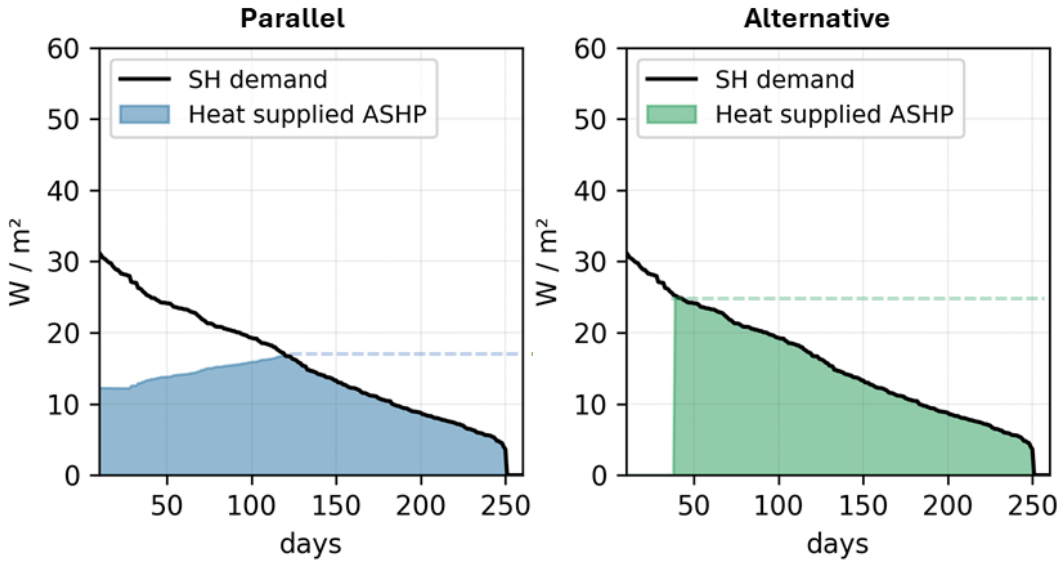
WP - Integration

Hydronische Konfigurationen (monovalent oder bivalent)



Possible hybrid configurations:
A) Parallel with modulating boiler
B) Parallel with non-modulating boiler
C) Alternative with non-modulating boiler

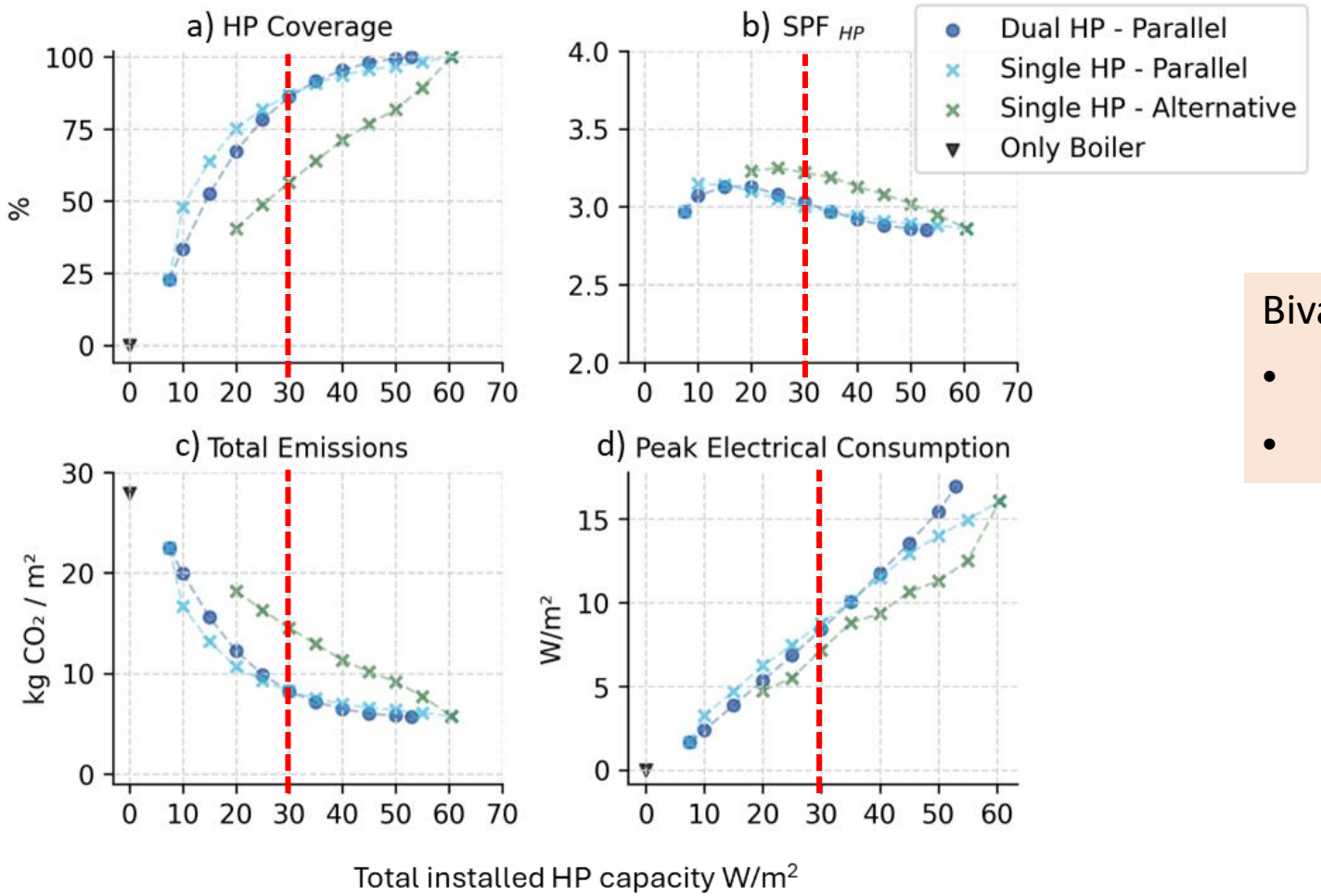
Bivalente Systeme



Montero et al. (upcoming publication)

WP - Dimensionierung

HP-Dimensionierung und Leistungen



Bivalente Systeme:

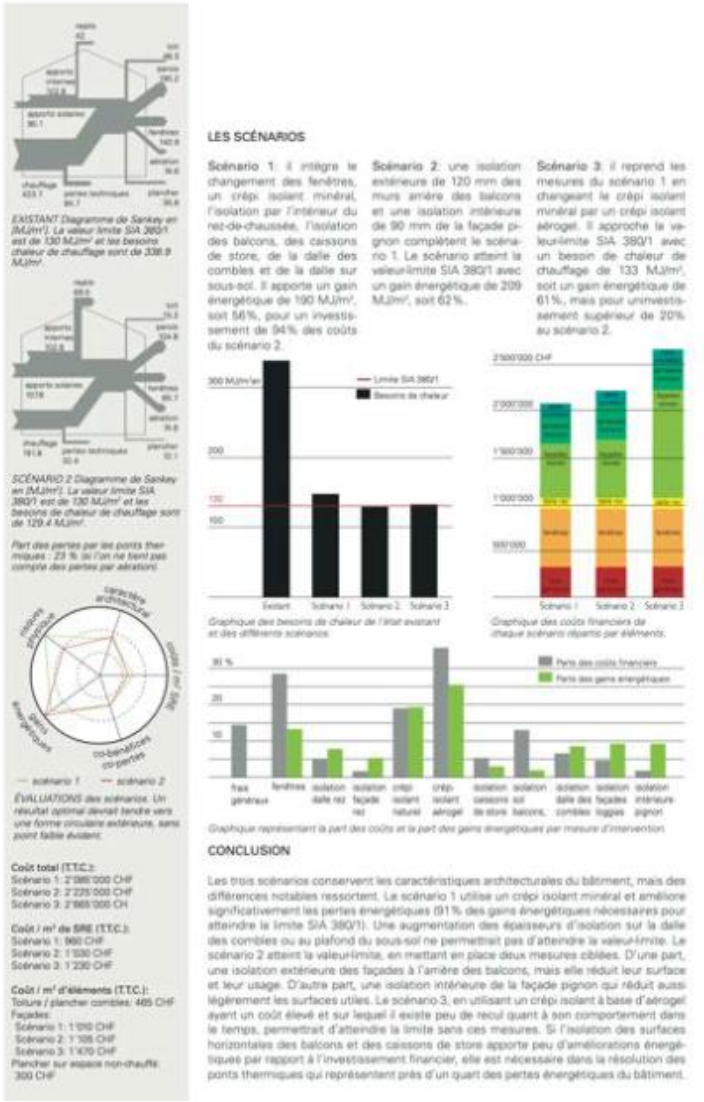
- Hohe Leistung schon bei 50% WP-Nennleistung
- Nivellierte Wärmekosten: 23 -26 CHF/m2.Jahr

Montero et al. (upcoming publication)

Flexible Strategien für
Substitution der Wärmeerzeugung + Sanierung der Gebäudehülle

Sanierung der Gebäudehülle

Factsheets – Sanierung MF Gebäude



LES SCÉNARIOS

Scénario 1: il intègre le changement des fenêtres, un crépi isolant minéral, l'isolation par l'intérieur du rez-de-chaussée, l'isolation des balcons, des caissons de store, de la dalle des combles et de la dalle sur sous-sol. Il apporte un gain énergétique de 190 MJ/m², soit 56%, pour un investissement de 94% des coûts du scénario 2.

Scénario 2: une isolation extérieure de 120 mm des murs arrière des balcons et une isolation intérieure de 90 mm de la façade pignon complètent le scénario 1. Le scénario atteint la valeur-limite SIA 380/1 avec un gain énergétique de 209 MJ/m², soit 62%.

Scénario 3: il reprend les mesures du scénario 1 en changeant le crépi isolant minéral par un crépi isolant aérogel. Il approche la valeur-limite SIA 380/1 avec un besoin de chaleur de chauffage de 133 MJ/m², soit un gain énergétique de 61%, mais pour uninvestissement supérieur de 20% au scénario 2.

EXISTANT Diagramme de Sankey en [MJ/m²]. La valeur limite SIA 380/1 est de 130 MJ/m² et les besoins chaleur de chauffage sont de 338.9 MJ/m².

SCÉNARIO 2 Diagramme de Sankey en [MJ/m²]. La valeur limite SIA 380/1 est de 130 MJ/m² et les besoins de chaleur de chauffage sont de 129.4 MJ/m².

Part des pertes par les ponts thermiques : 23 % (si l'on ne tient pas compte des pertes par aération)

Graphique des besoins de chaleur de l'état existant et des différents scénarios.

Graphique des coûts financiers de chaque scénario répartis par éléments.

Graphique représentant la part des coûts et la part des gains énergétiques par mesure d'intervention.

ÉVALUATIONS des scénarios. Un résultat optimal devrait tendre vers une forme circulaire extérieure, sans point faible évident.

Coût total (T.T.C.):
Scénario 1: 2'080'000 CHF
Scénario 2: 2'225'000 CHF
Scénario 3: 2'865'000 CH

Coût / m² de SRE (T.T.C.):
Scénario 1: 960 CHF
Scénario 2: 1'030 CHF
Scénario 3: 1'230 CHF

Coût / m² d'éléments (T.T.C.):
Toiture / plancher combles: 405 CHF
Façades:
Scénario 1: 1'010 CHF
Scénario 2: 1'105 CHF
Scénario 3: 1'470 CHF
Plancher sur espace non-chauffé: 300 CHF

CONCLUSION

Les trois scénarios conservent les caractéristiques architecturales du bâtiment, mais des différences notables ressortent. Le scénario 1 utilise un crépi isolant minéral et améliore significativement les pertes énergétiques (91% des gains énergétiques nécessaires pour atteindre la limite SIA 380/1). Une augmentation des épaisseurs d'isolation sur la dalle des combles ou au plafond du sous-sol ne permettrait pas d'atteindre la valeur-limite. Le scénario 2 atteint la valeur-limite, en mettant en place deux mesures ciblées. D'une part, une isolation extérieure des façades à l'arrière des balcons, mais elle réduit leur surface et leur usage. D'autre part, une isolation intérieure de la façade pignon qui réduit aussi légèrement les surfaces utiles. Le scénario 3, en utilisant un crépi isolant à base d'aérogel ayant un coût élevé et sur lequel il existe peu de recul quant à son comportement dans le temps, permettrait d'atteindre la limite sans ces mesures. Si l'isolation des surfaces horizontales des balcons et des caissons de store apporte peu d'améliorations énergétiques par rapport à l'investissement financier, elle est nécessaire dans la résolution des ponts thermiques qui représentent près d'un quart des pertes énergétiques du bâtiment.

- Teilweise/vollständige Sanierung
- Energieleistung und CO2-Einsparungen
- Kosten
- Architektonische Beschränkungen

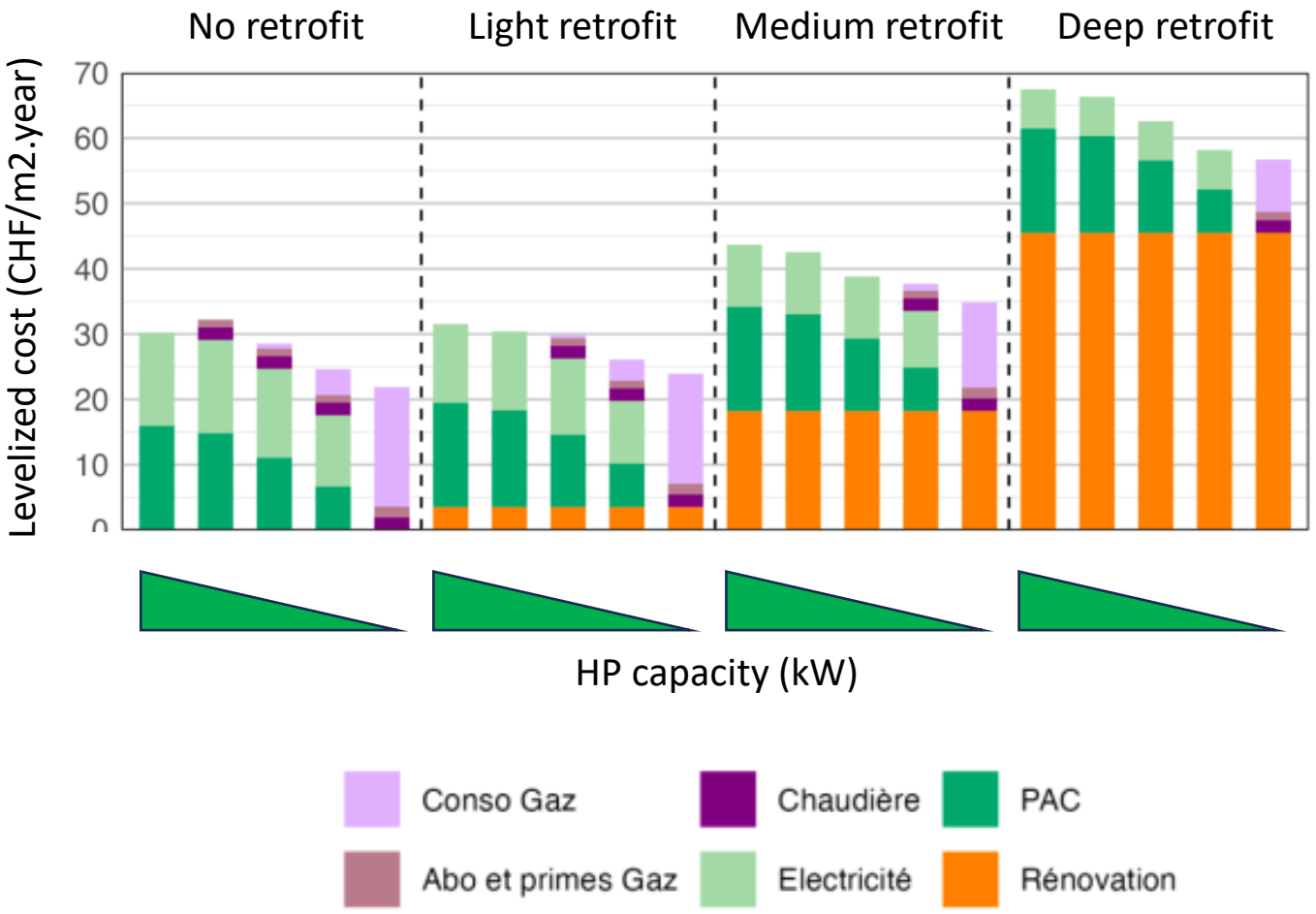
Sources:

e-REN: Rénovation énergétique - Approche globale pour l'enveloppe du bâtiment
https://www.smartlivinglab.ch/fr/projects/eren-energie-et-renovation

Solutions Rénovation: Fiches typologiques des bâtiments - propositions de solutions pour une rénovation énergétique
https://www.ge.ch/node/26003

Substitution der Wärmeerzeugung + Sanierung der Gebäudehülle

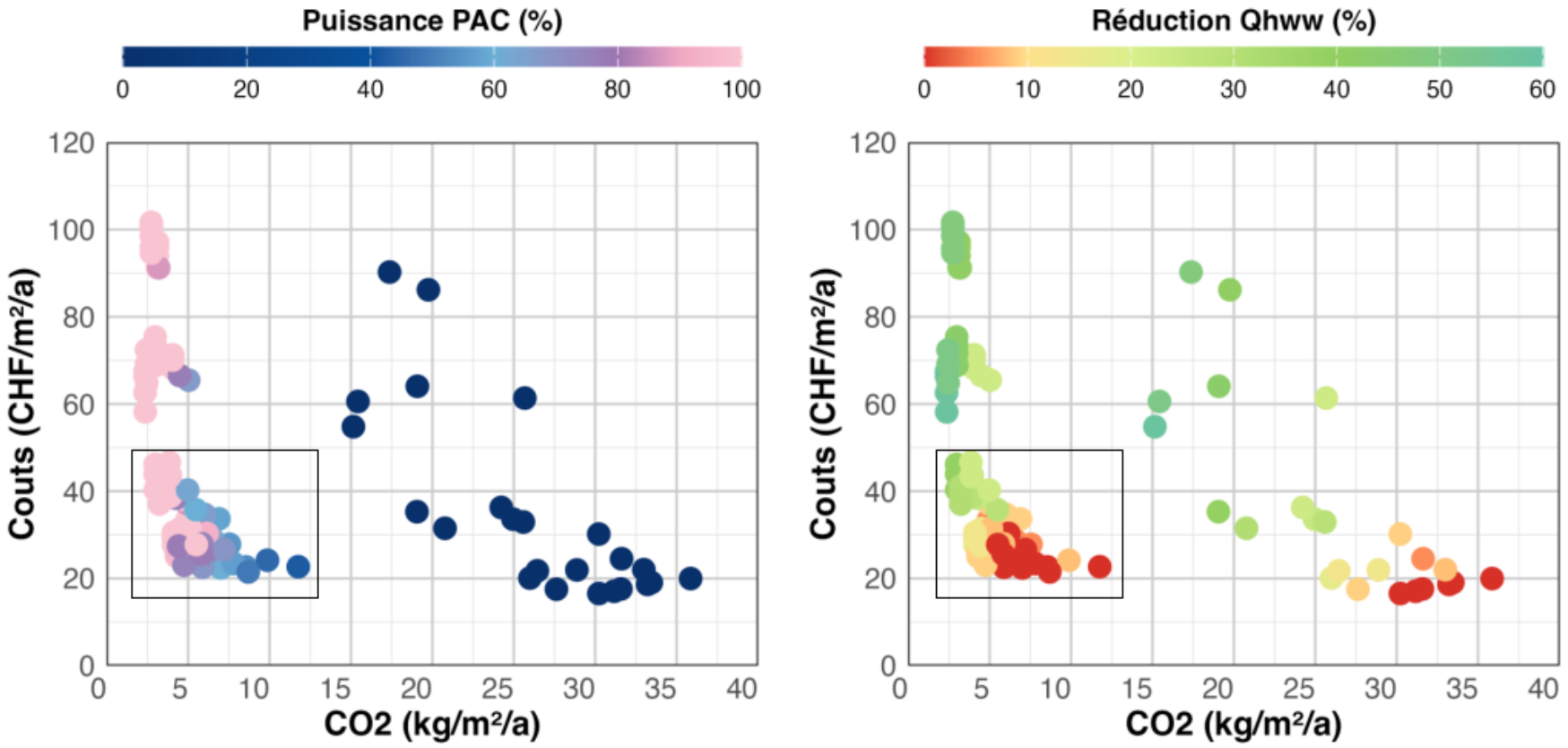
Nivellierte Wärmekosten



El Hage et al. (upcoming publication)

Substitution der Wärmeerzeugung + Sanierung der Gebäudehülle

Kosten vs CO_2 (5 MF Typologien)



Kost/CO_2 Optimum

➔ Teilsanierung + bivalentes WP-System

El Hage et al. (upcoming publication)

Weitere Entwicklungen

Weitere Entwicklungen

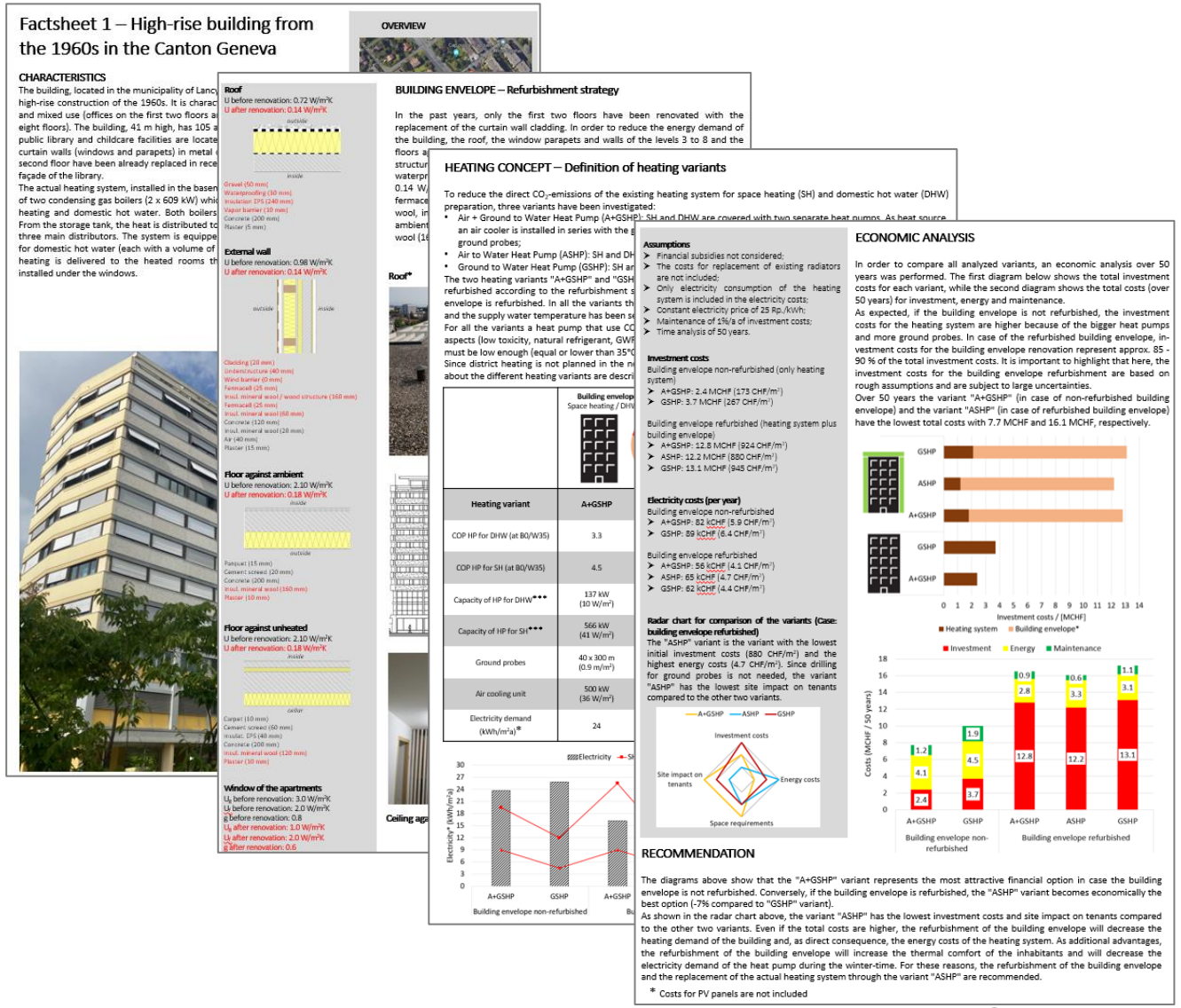
Skalierbarer PCM-Speicher für Sanierungen

PCM ➔ hohe Energiedichte (im Bereich des Phasenwechsels: 5-6 im Vergleich zu Wasser)

Weitere Entwicklungen

Factsheets / WPs für bestehenden MFBs:

- Beschreibung Gebäude / Situation
- Gebäudesanierungsstrategie
- HP-Systemvarianten
- Wirtschaftlichkeitsanalyse



Vielen Dank!

RENOWAVE
DECARBONIZATION OF THE BUILDINGSTOCK

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Innosuisse – Swiss Innovation Agency

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

OST Ostschweizer Fachhochschule

SIG

RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE

CSDINGENIEURS

scheco

CPEG