

OPTIM-EASE

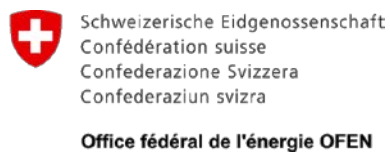
Die Herausforderungen von Erdgas und Biogas in Energiekonzepten für Quartier

15.11.2023 - 4. Forschungstag der Schweizer Gasindustrie - Transformation durch
Innovation -

Xavier Jobard, Mija Frossard, Arthur du Vignau und Massimiliano
Capezzali
Institut für Energie

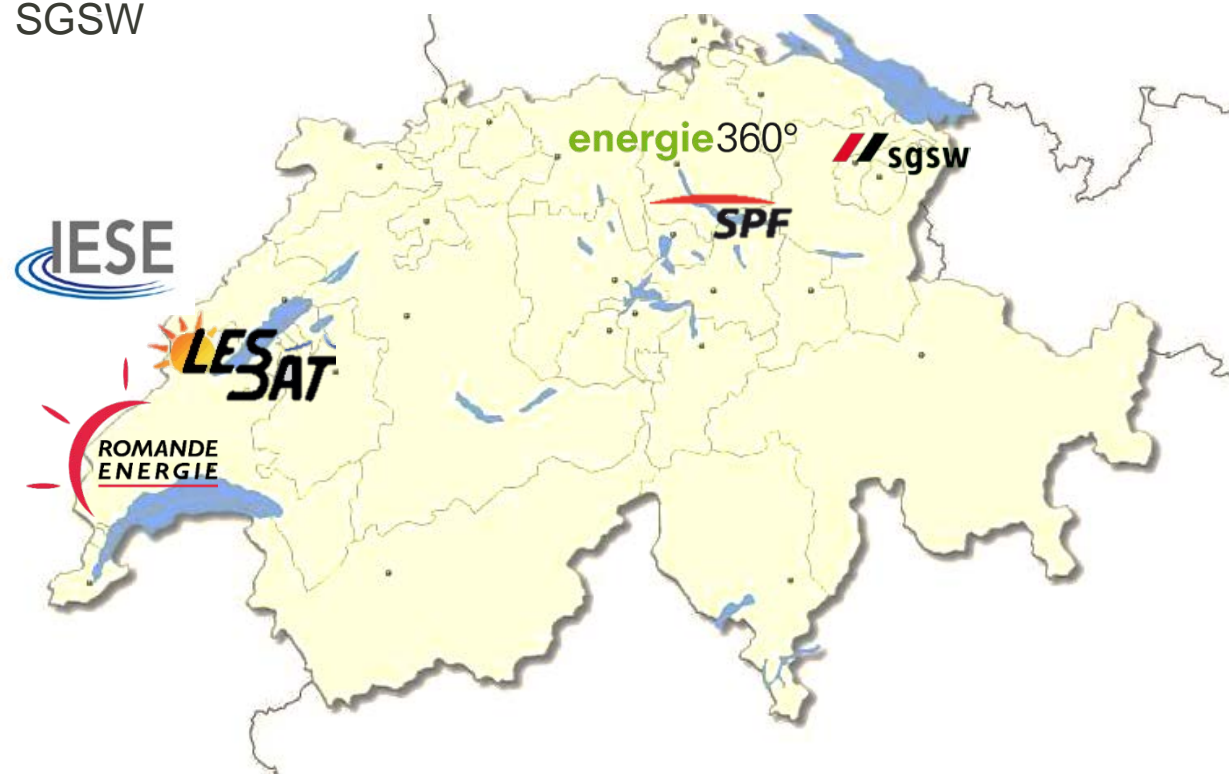
OPTIM-EASE

- Februar 2021 - Februar 2023
- 2 beteiligte Schulen: HEIG-VD und OST
- Industriepartner: Romande Energie, Energie360, SGSW
- Finanzierung: BFE + FOGA

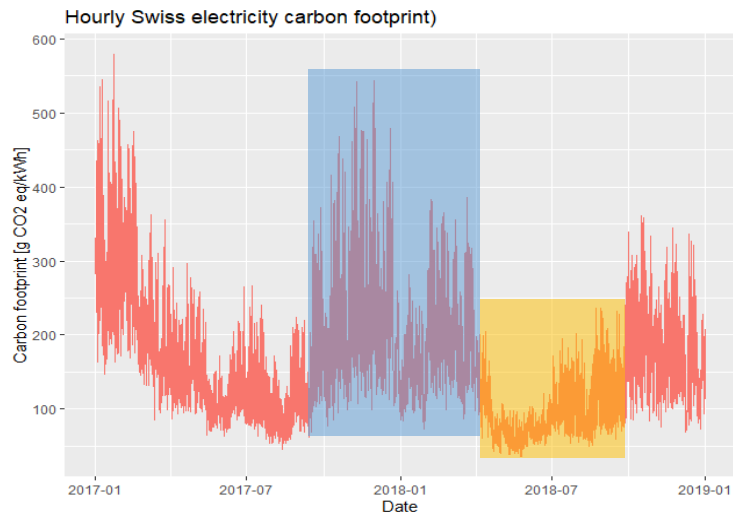


Ein 2. Projekt: SolHOOD

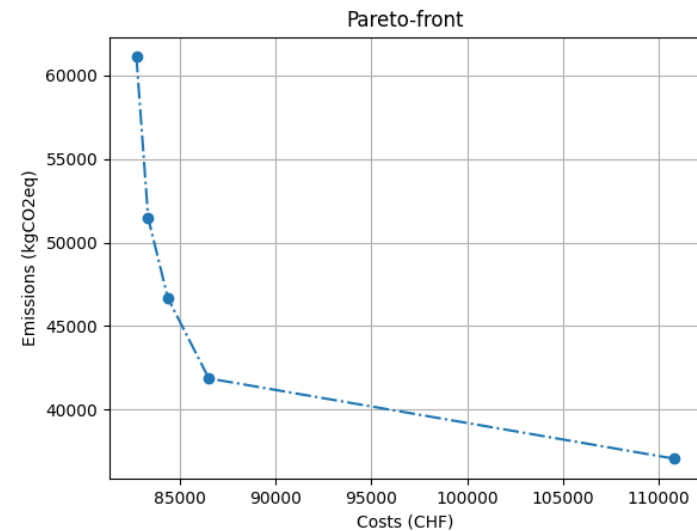
- November 2021 - Juni 2024
- Industriepartner: 4 Ingenieurbüros, Siemens
- Finanzierung: BFE, Stadt Zürich



Problemstellung und Motivation



EcoDynBat - Final Report Dynamic Life Cycle Assessment of Buildings - P. Padey, K. Goulouti, M. Capezzali et al.



Sind
Eigenverbrauchsgruppierungen
"sinnvoller" als individuelle
Lösungen

Dynamische
Umweltauswirkungen: Sind
bestimmte Kombinationen
noch sinnvoll?

Wie können optimale Lösungen
unter Berücksichtigung
widersprüchlicher Indikatoren
ermittelt werden?

Open-Source-Tools zu Python

OptiHood

<https://github.com/SPF-OST/optihood>

Zwei-Zielgrößen-Optimierungstool
für die Energiesysteme eines
Stadtteils

Gemeinsame Entwicklung
HEIG / OST



oemof
['ø:mɔf]

<https://oemof.org/>

Plattform für die Modellierung
von Energiesystemen



Modellierungssprache Python für die
Optimierung

PYOMO

<http://www.pyomo.org/>

OptiHood - Workflow

Input parameters

Buildings / District data

Weather data

Technology parameters

LCA & LCC parameters

Pre-processing

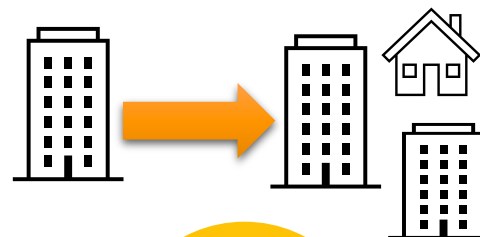
Load and generation



Dynamic Electricity cost
and Carbon Footprint

Problem reduction

Optimization



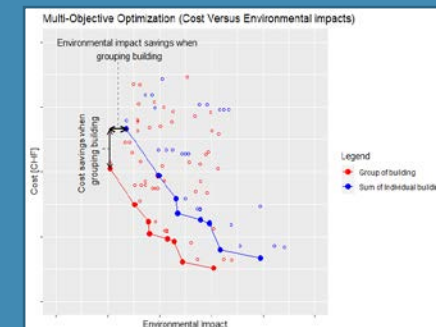
Technologies

Sizing

Operation
Controls

Results

Pareto front



Compare Scenario :
single versus groups

Investment decisions :
Trade-off

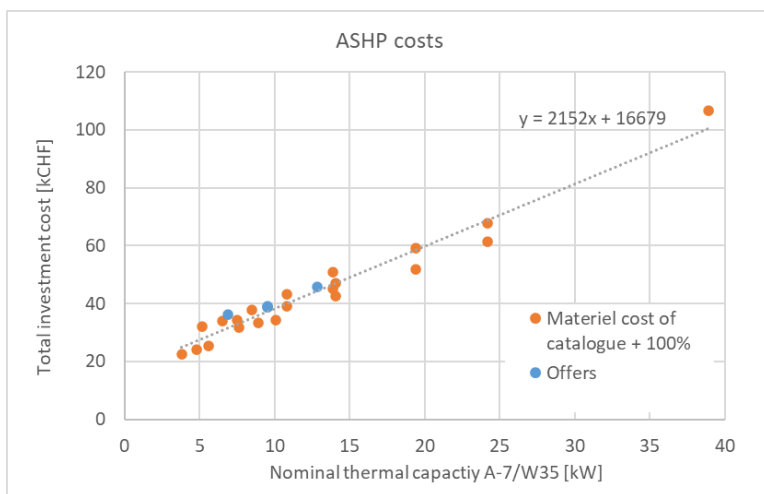
Funktion Kostenoptimierung

$$\text{Mean Annual Cost} = \sum_{t \text{ in technologies}} V[\text{use binary}]_t \cdot (\text{CAPEX}_t + \text{OPEX}_t) - \sum_{f \text{ in flows}} \text{feed in tariff}_f \cdot V[\text{quantity feed} - \text{in}]$$

$$\text{OPEX}_t = \sum_{i \text{ in inputs}} (\text{Cost}_i \sum_{f \text{ in flows}} V[\text{quantity of inputs}]_{i,f}) + \text{Cost}_{\text{maintenance}}$$

$$\text{CAPEX}_t = (\text{Base}_t + V[\text{capacity}]_t \cdot \text{Capacity}_t) / A_t$$

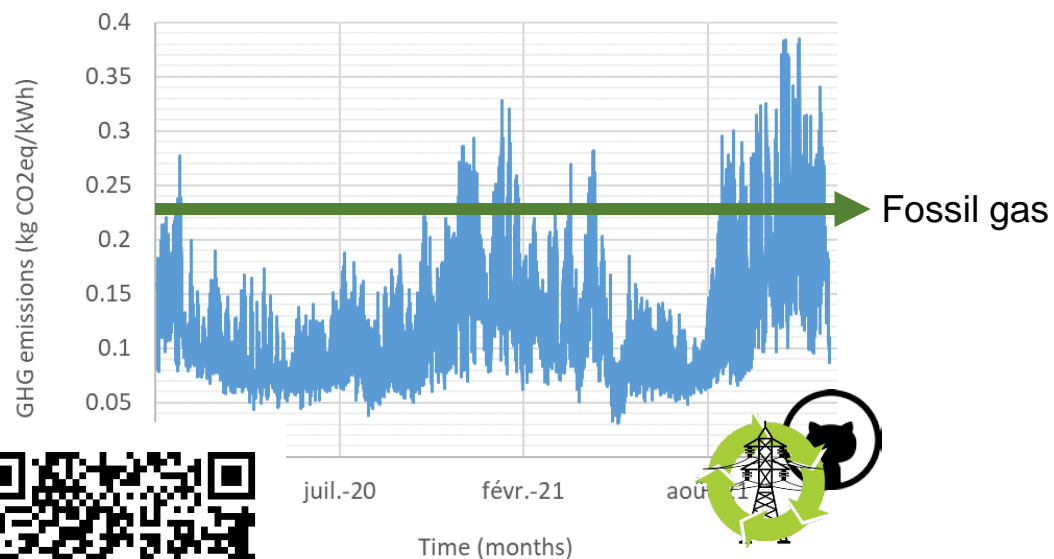
Where A_t is the annuity factor per technology



	u.	lifetime _t [y]	CAPEX _t [CHF/u.]	CAPEX _t [CHF]	Maintenance [% CAPEX / y]
Converters					
ASHP	kW	20	2153	16678	2%
GSHP + BHE	kW	20	3052	22257	2%
Boilers	kW	30	164	8832	1.5%
Solar thermal	m ²	20	820	5500	0.5%
Photovoltaic	kW	30	1103	17950	2%
CHP-ICE	kW	20	1153	24879	3%
Energy storages					
Batteries	kWh	20	981	5138	-
HWS	L	20	1.4	1092	-
DHWS	L	20	7	2132	-

Funktion Umweltziel

$$GHGE = \sum_{i \text{ in inputs}} \left(GHGE_i \sum_{f \text{ in flows}} V[\text{quantity of } i]_f \right) + \sum_{t \text{ in technologies}} V[\text{capacity of } t] \cdot \frac{GHGE_t}{lifetime_t}$$



electricity $GHGE_i$ hourly timeserie
generated with EcoDynElec

(<https://github.com/LESBAT-HEIG-VD/EcoDynElec>)

Technologie	u.	$lifetime_t$ [y]	$GHGE_t$ [kgCO ₂ eq/u.]
Converters			
ASHP	kW	20	281
GSHP + BHE	kW	20	772
Boilers	kW	40	93
Solar thermal	m ²	20	127
Photovoltaic	kWp	30	1131
CHP-ICE	kWh	20	360
Energy storages			
Batteries	kWh	20	29
HWS	L	20	0.5
DHWS	L	20	0.5

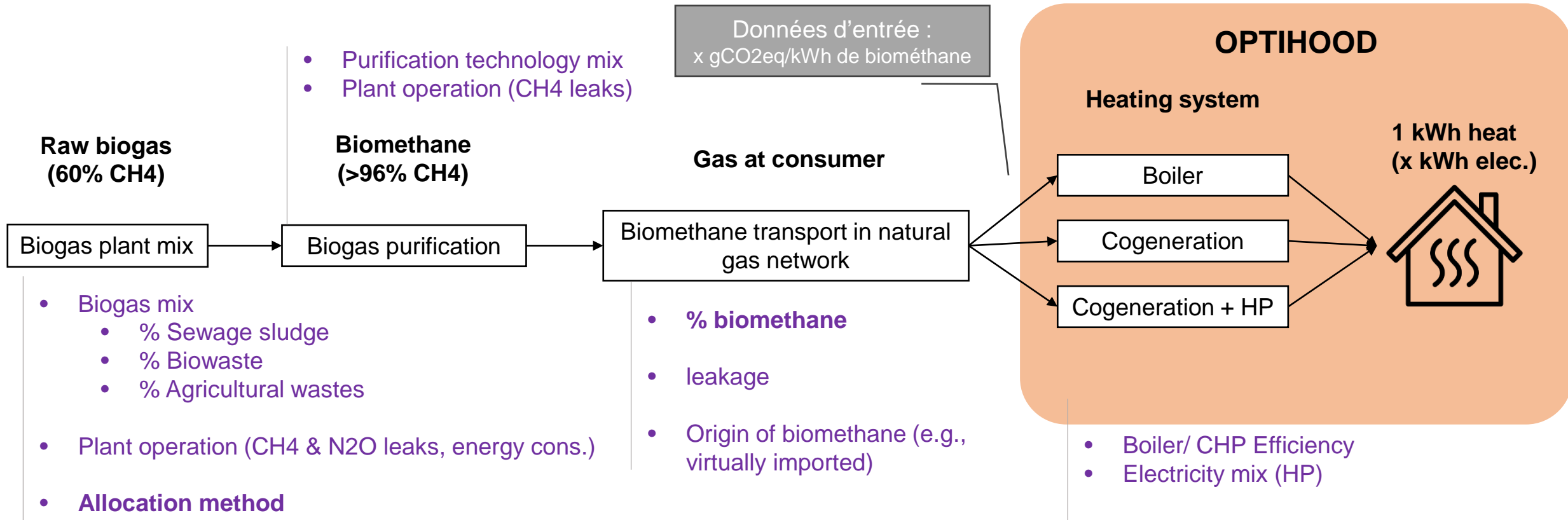
Quellen:

KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al., 2022).

ecoinvent v2.2 cut-off system mode (Frischknecht et al., 2007).

Fokus auf die Ökobilanz von erneuerbarem Gas

Grenze der Ökobilanzierung von erneuerbarem Gas und Einflussfaktoren auf die Treibhausgasemissionen.



Fokus auf die Ökobilanz von erneuerbarem Gas

Datenquellen :

- KBOB: Repräsentativer Durchschnitt der erneuerbaren Gasproduktion in der Schweiz
- Anlage Werdhölzi (ZH), spezifische Daten aus der EMPA-Studie

	Werdhölzi, Zürich plant				Average
	Cut-off	Causal	Economic	Avoided	KBOB
Emissions (g CO2 eq. /kWh HHV)	9.5	36.9	43.6	32.8	124

Sensitivitätsanalyse zum Anteil von Biomethan im Gasmix

Biomethan %.	0%	10%	30%	50%	100%	Quelle
Emissions (g CO2 eq./kWh HHV)	230	219,4	198,2	177	124	KBOB
Price (ct/kWh HHV)	9,87	10,47	11,67	12,87	15,87	prixpellet.ch + Energie360

Durchschnittspreis für 2021 (prixpellet.ch) und +0.3 ct/10% Biomethan (energie360)

Quelle:
 KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al., 2022).
 Beloin-Saint-Pierre D, Hischier R. Life cycle assessment of
 digestion and biogas treatment at Werdhölzli, EMPA, 2021

Fallstudie

Eingabedaten :

- 1 Wohngebäude Typ Kleinsiedlung
- 3 verschiedene Varianten von Wärmeanforderungen
- Der MFH100 verfügt über einen Hochtemperatur-Heizkörper.
- Wetter: Pully (Lausanne)

Annahmen:

Zinssatz = 5%

Strompreis: 19.5 c/kWh (konstant)

Scenario :

- Individuelle Optimierung jedes Gebäudes
- Veränderung des Biomethan-/Gasanteils im Mix
- Vergleich zwischen dem KBOB- und dem Werdhölzi-Emissionsfaktor

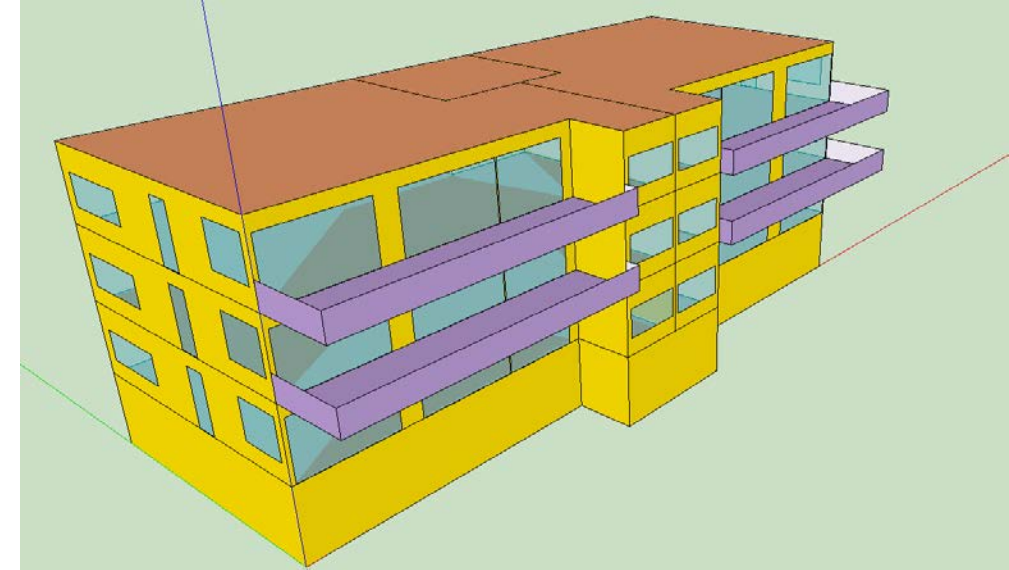
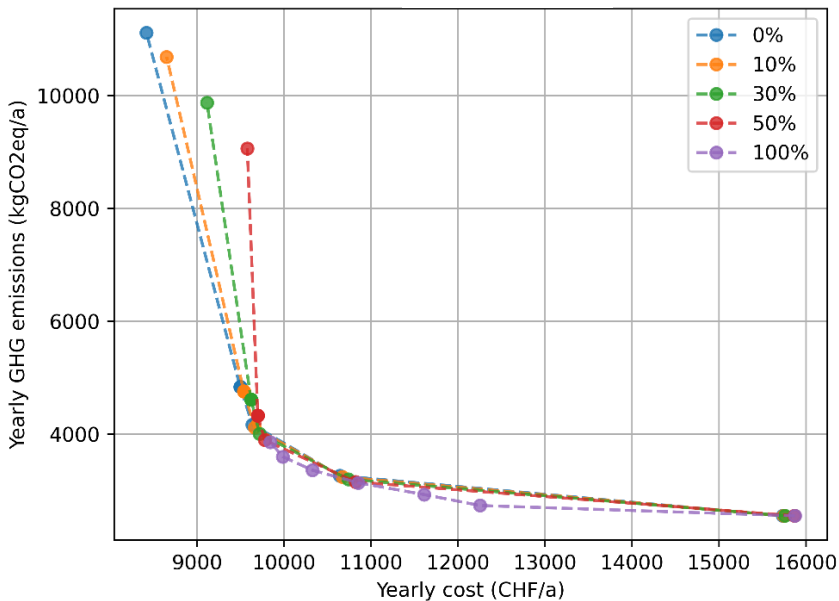


Tabelle 5 Energieverbrauch für MFH13, MFH54, und MFH100

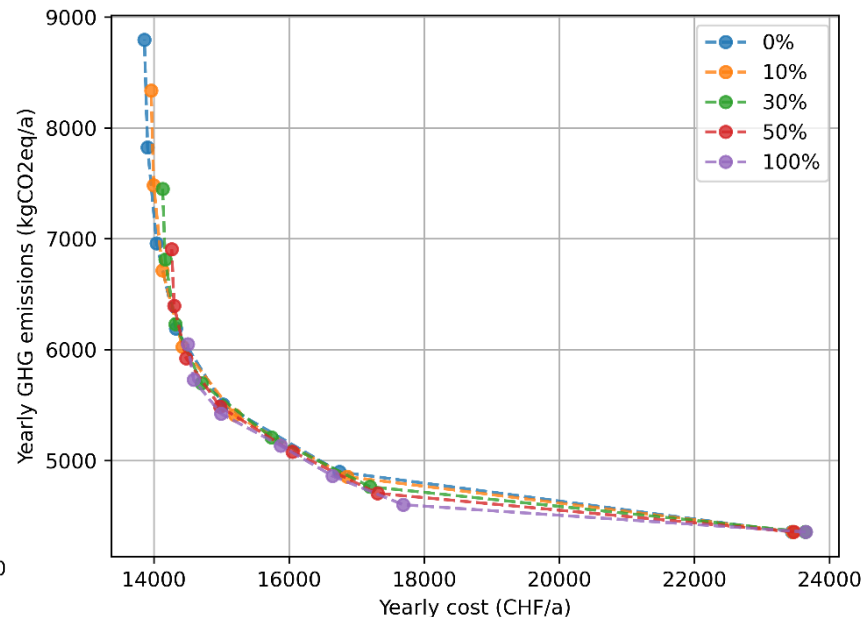
	MFH13	MFH54	MFH100
Electricity (kWh/m ² /year)	13	17	32
DHW (kWh/m ² /year)	16	17	24
SH (kWh/m ² /year)	13	54	100
Total (kWh/m ² /year)	42	87	156
Energy reference area (m ²)	1 199	1 174	1 167
Electricity (kWh/year)	16 163	19 396	37 147
DHW (kWh/year)	19 456	19 456	28 255
SH (kWh/year)	15 335	63 818	116 397
Total (kWh/year)	50 954	102 669	181 798

Ergebnisse - Pareto-Front

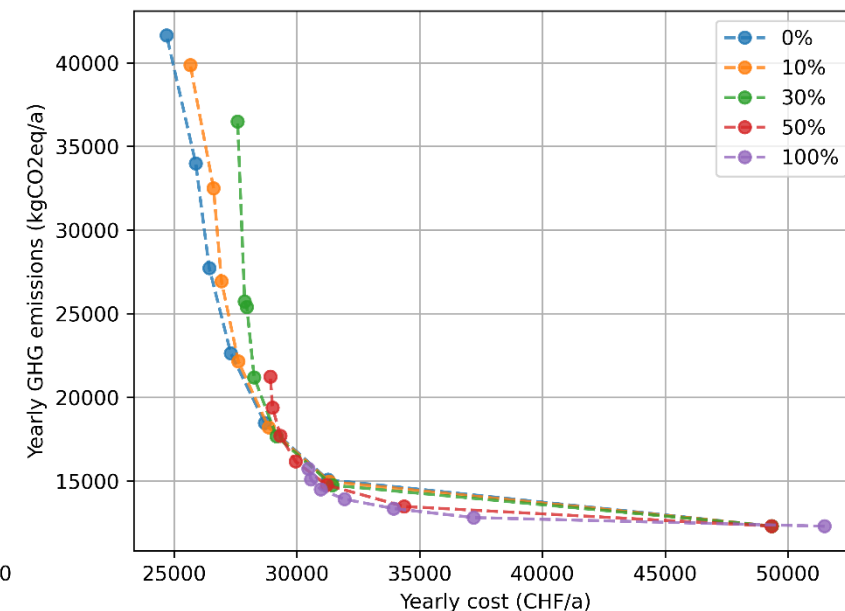
MFH13



MFH54



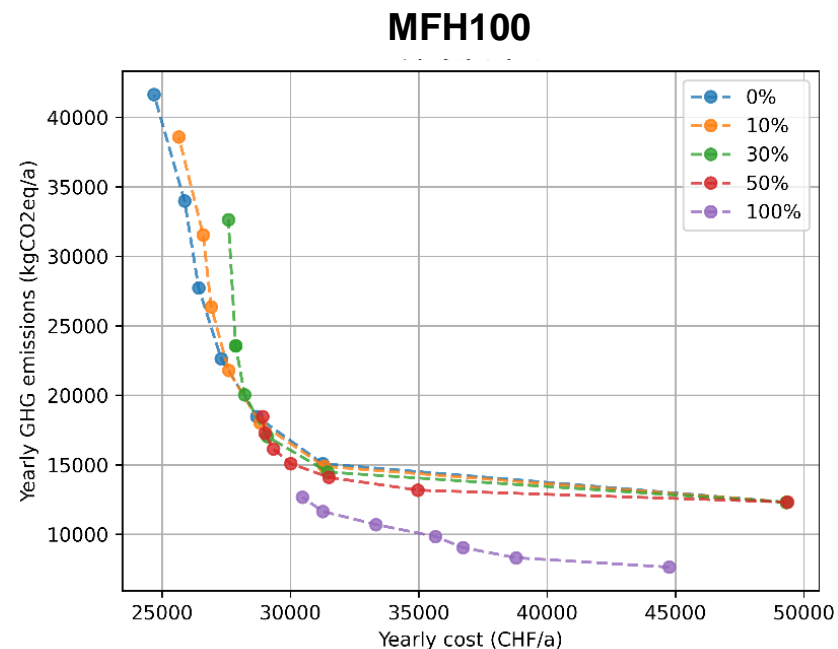
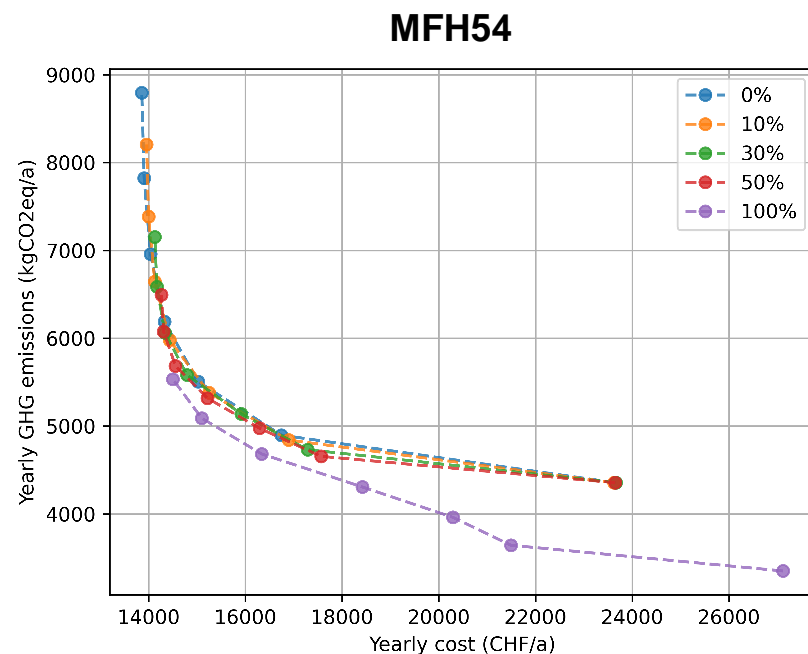
MFH100



Als einzelne Gebäude teilen MFH13, MFH54, MFH100 die gleichen Trends:

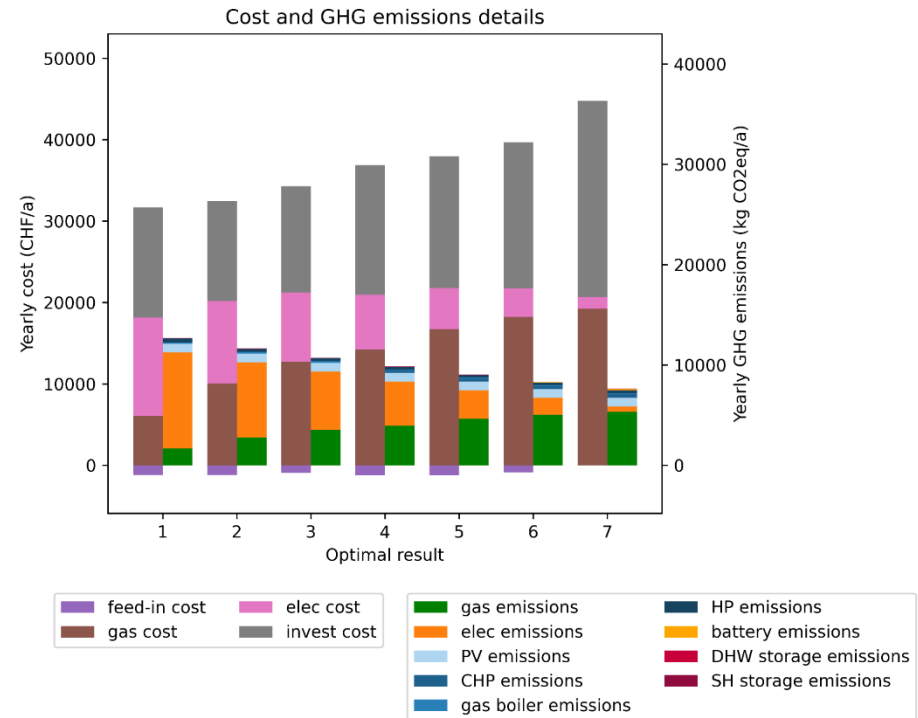
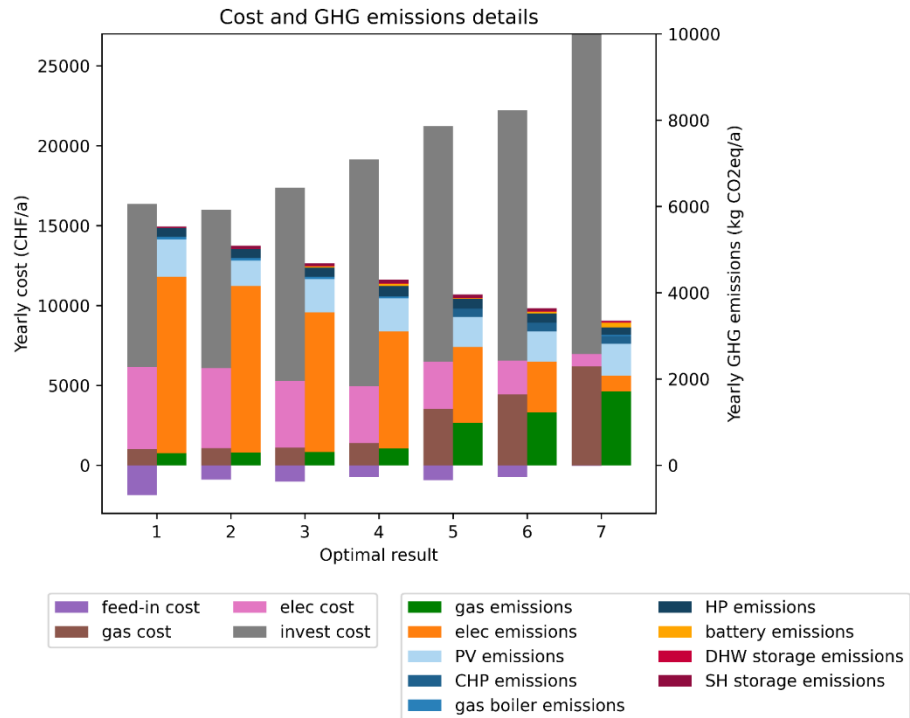
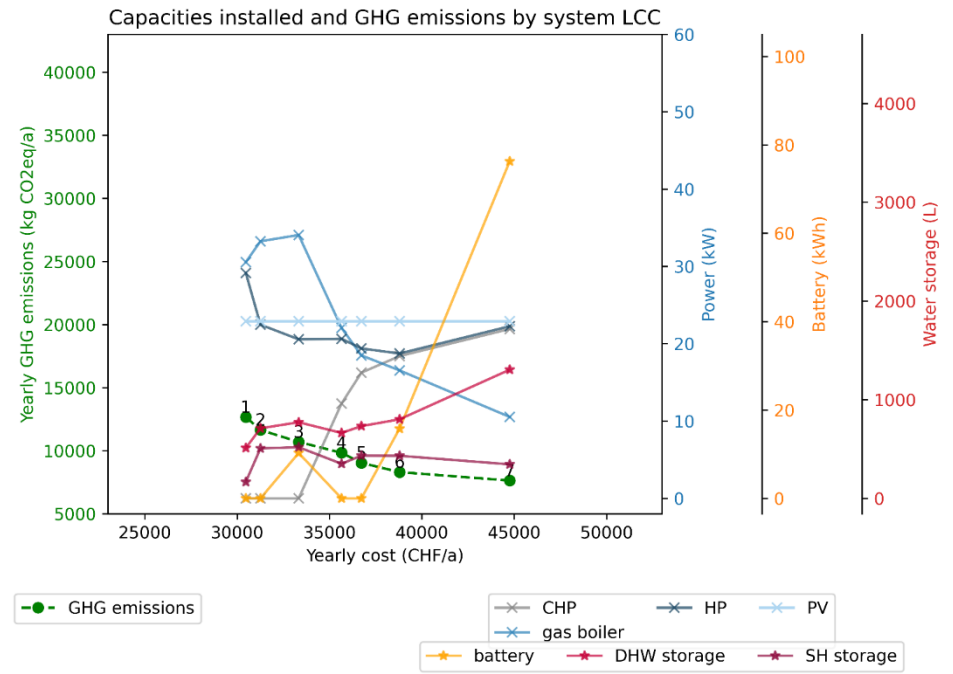
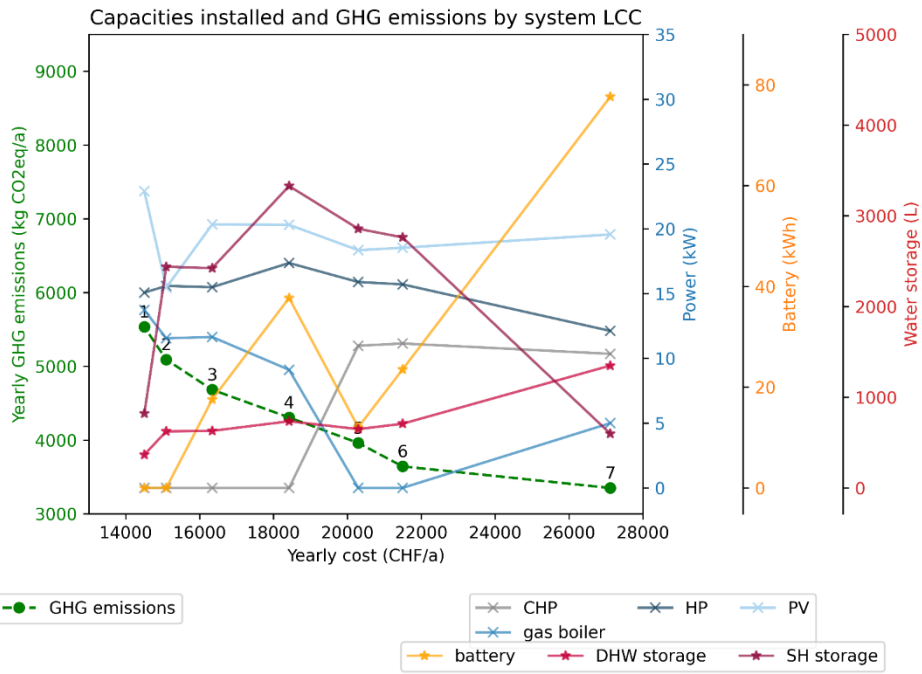
- Die Verwendung von Biogas hat keine Auswirkungen auf die Umweltoptima: zu hohe Emissionen vs. Wärmepumpe
- Für Kostenoptima: Die Nutzung von Biogas bringt keinen Vorteil, im Gegenteil.
- In der Kompromisszone bivalente Lösungen, aber eine Erhöhung des Biomethananteils im Mix führt nur zu einer Verringerung des Einsatzes von Wärmepumpen

Ergebnisse - Biomethan: 44 g/kWh



Mit einem Mix aus 100% Biomethan und einer Emissionsrate von 44 gCO₂eq/kWh :

- Paradigmenwechsel und deutlicher Umweltgewinn
- Dekarbonisierung des Energiekonzepts mit vermehrter Nutzung von erneuerbarem Gas
- Nutzung von erneuerbarem Gas mit Heizkesseln und Kraft-Wärme-Kopplung.



Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse reagieren sehr empfindlich auf die Annahmen zu den Kosten und dem Emissionsfaktor von Biomethan.

Bei konservativen Werten (KBOB) ist Erdgas die billigste Option und KWK die bevorzugte Dekarbonisierungsoption

Für niedrige Emissionswerte von Biomethan (44 gCO₂eq/kWh) können umweltfreundliche Lösungen gefunden werden.

Aber, wie hoch ist das Potenzial für die Produktion von Biomethan in der Schweiz?

Optihood ermöglicht die Bewältigung wichtiger Herausforderungen angesichts **steigender Energiepreise**

- Senkung des Energieverbrauchs durch Optimierung des Systembetriebs
- Maximierung des Eigenverbrauchs von dezentralen Stromerzeugungsanlagen
- Systeme anbieten, die resilient gegenüber dem Energiemarkt sind.
(Empfindlichkeit gegenüber Preisschwankungen)

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

HE^{VD}
IG

IE
Institut
des Énergies

