

Pareto Optimization of a Local Urban Energy System considering Costs and Emissions

Andreas Fleischhacker

Georg Lettner

Hans Auer

15. Symposium Energieinnovation/Session A2

15.02.2018

- Derzeit leben 54% der globalen Bevölkerung in Städten: Source: IEA 2016
 - In den Städten wird 2/3 des globalen Energiebedarfs konsumiert
 - Resultiert in 60 – 80% der weltweiten Emissionen.
 - Dennoch findet der größte Zuwachs von erneuerbarer Erzeugung außerhalb der Städte statt.
- Daraus formulierten wir die Forschungsfrage, welche **Energieinfrastruktur (d.h. Erzeugungskapazitäten, Speicher und Netze)** nötig sind, um emissionsmindernde Effekte zu erzielen.
- Diese und auch andere Fragestellungen werden im Rahmen des Stadt-der-Zukunft Projekts “*Smart City Microquartiere*” beantwortet.

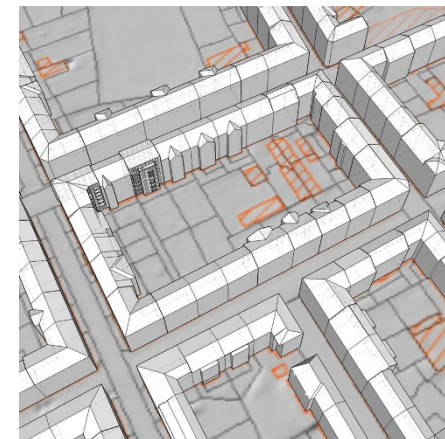




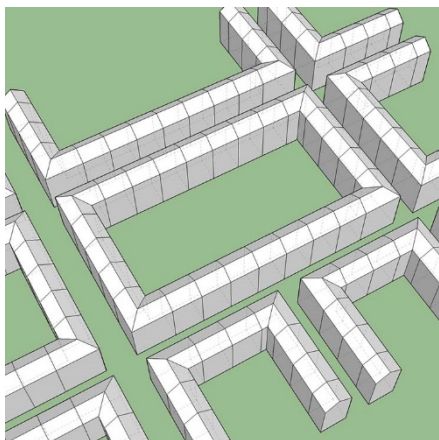
1 Auswahl des Areals



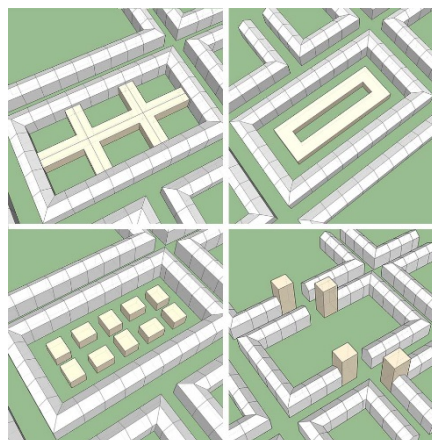
2 Auswahl des Mikroquartiers



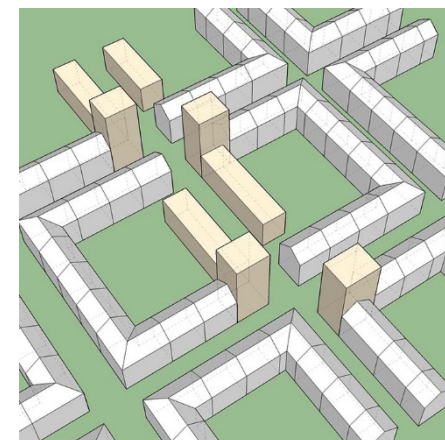
3 Erfassung des Mikroquartiers



4 Abstraktion des MQ

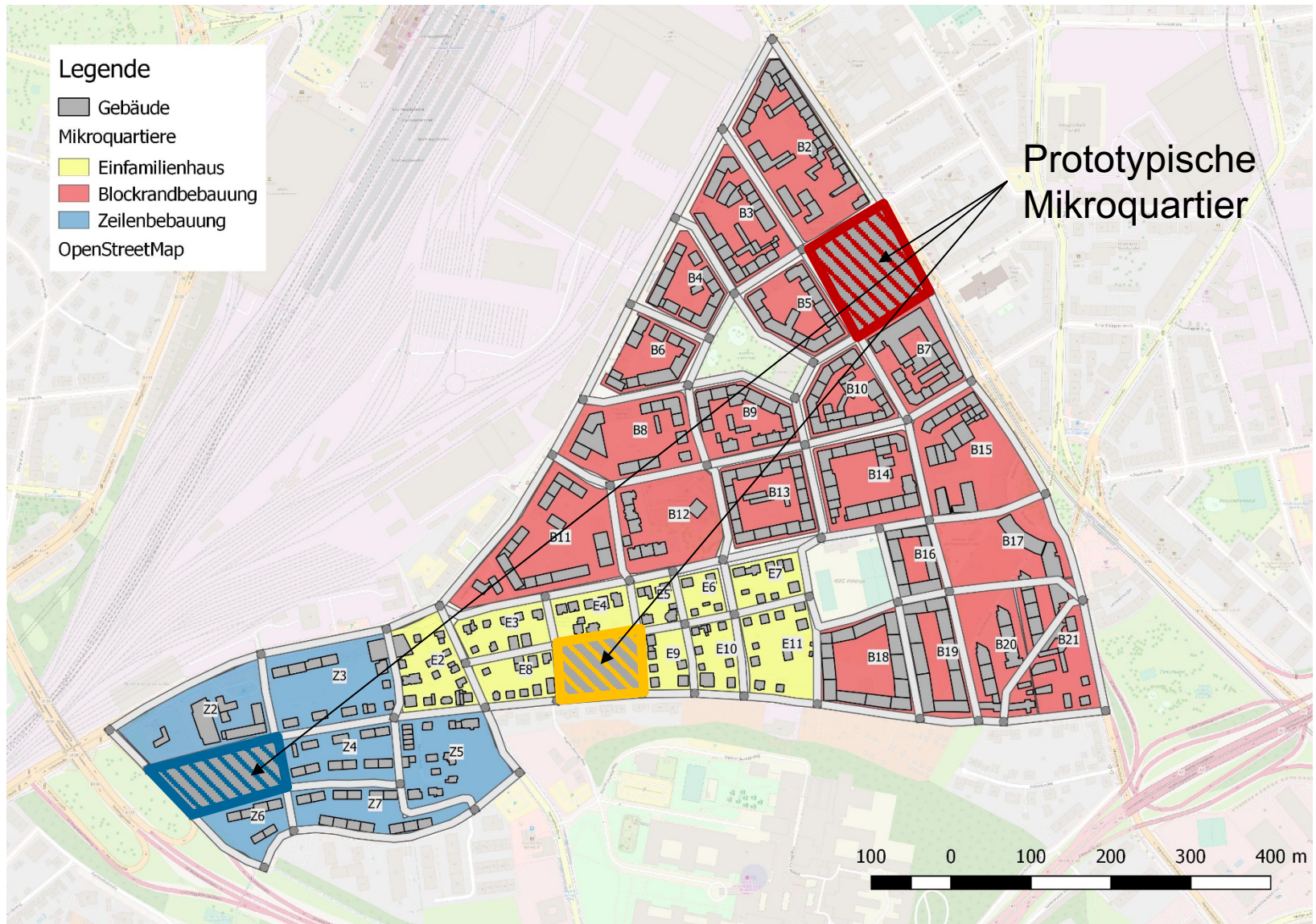


5 Optimieren des MQ in Varianten



6 Auswahl von MQs

Betrachtete Mikroquartiere im Areal Linz



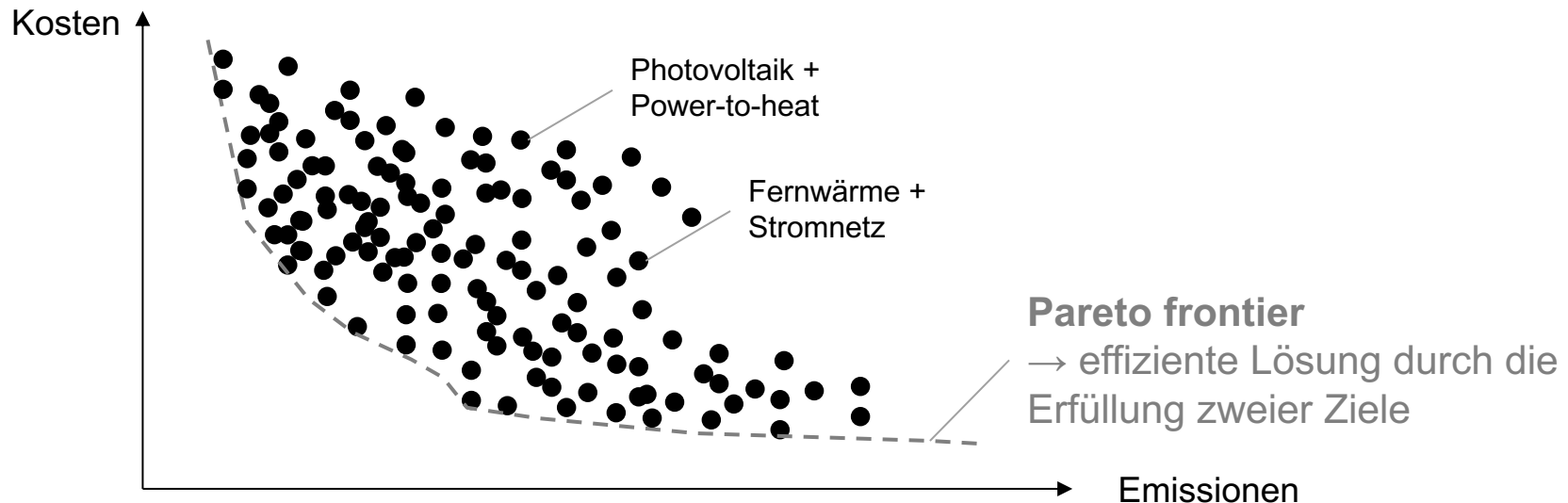
Energetische Optimierung

- Wir betrachten folgenden Energiebedarf: Strom-, Wärme-, Kühl- und Mobilitätsbedarf.
- Zur Deckung des Energiebedarf sind viele (dezentrale) Technologien verfügbar.
- Die Gesellschaft möchte zusätzlich zwei Ziele erreichen:
 - Emissionen reduzieren
 - Kosten reduzieren

} Konflikt!

→ Betrachtung durch eine “*Pareto Optimierung*” !

Bsp.:



Wir verwendeten die **ϵ -constraint Methode**:

1) Berechnung der minimalen Kosten

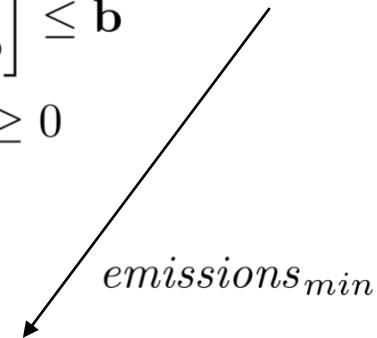
$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{e}, \mathbf{p}} \quad & costs = \mathbf{c}_{costs}^T \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \\ \text{subject to} \quad & \mathbf{A} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{e}, \mathbf{p} \geq 0 \end{aligned}$$

2) Berechnung der minimalen Emissionen

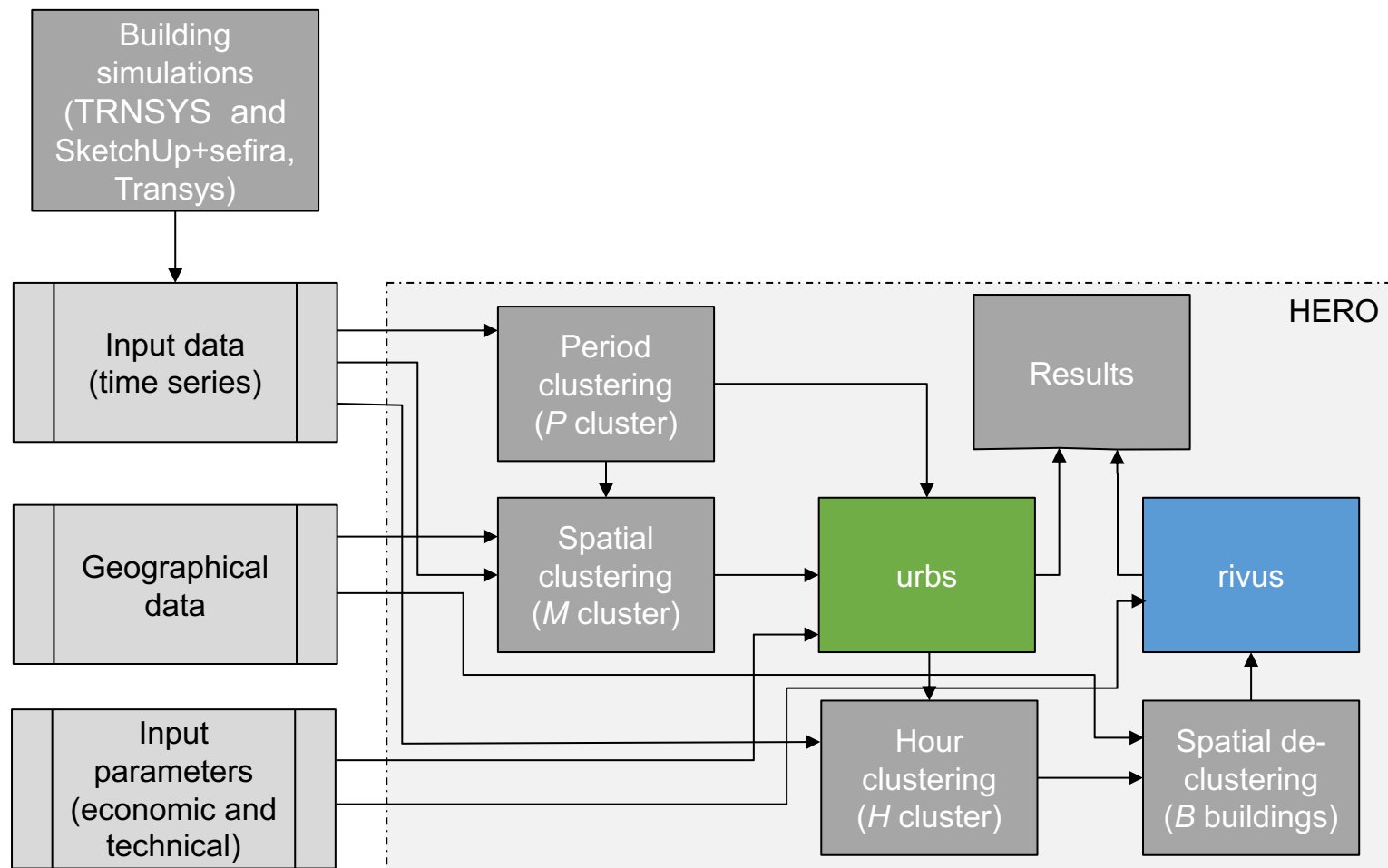
$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{e}, \mathbf{p}} \quad & emissions = \mathbf{c}_{emissions}^T \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \\ \text{subject to} \quad & \mathbf{A} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{e}, \mathbf{p} \geq 0 \end{aligned}$$

3) Pareto Optimierung

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{e}, \mathbf{p}} \quad & costs = \mathbf{c}_{costs}^T \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \\ \text{subject to} \quad & emissions \leq f * emissions_{min} \\ & \mathbf{A} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{e}, \mathbf{p} \geq 0 \end{aligned}$$

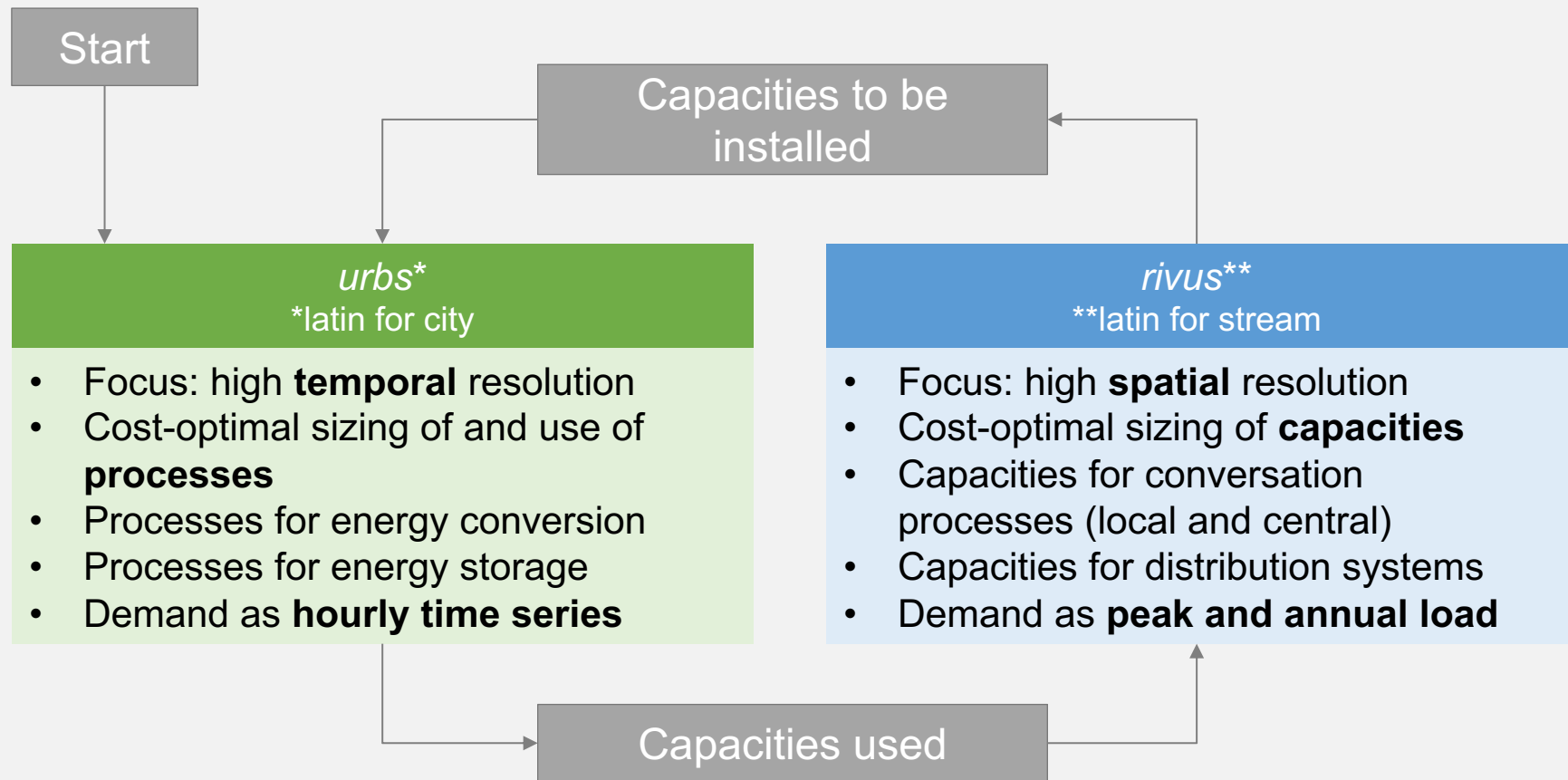


HERO – Hybrid EneRgy Optimization



Modelltechnische Umsetzung in der Kombination von zwei Open-Source Modellen

HERO – Hybrid EneRgy Optimization

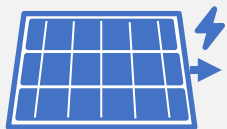


Source: Johannes Dorfner, “Open Source Modelling and Optimisation of Energy Infrastructure at Urban Scale”, Munich, 2016.

Open source projects: <https://github.com/ojdo/urbs/> and <https://github.com/tum-ens/rivus>

Betrachtete Technologien

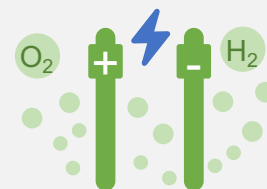
Erzeugungs- bzw. Umwandlungstechnologien



Photovoltaik



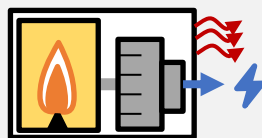
Stromheizer



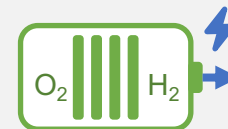
Elektrolyseur



Wärmepumpe



μKWK

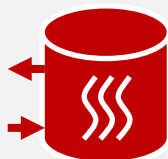


Brennstoffzelle

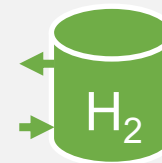
Speichertechnologien



Batterie



Wärmespeicher



Wasserstoff-
speicher

Netze



Stromnetz

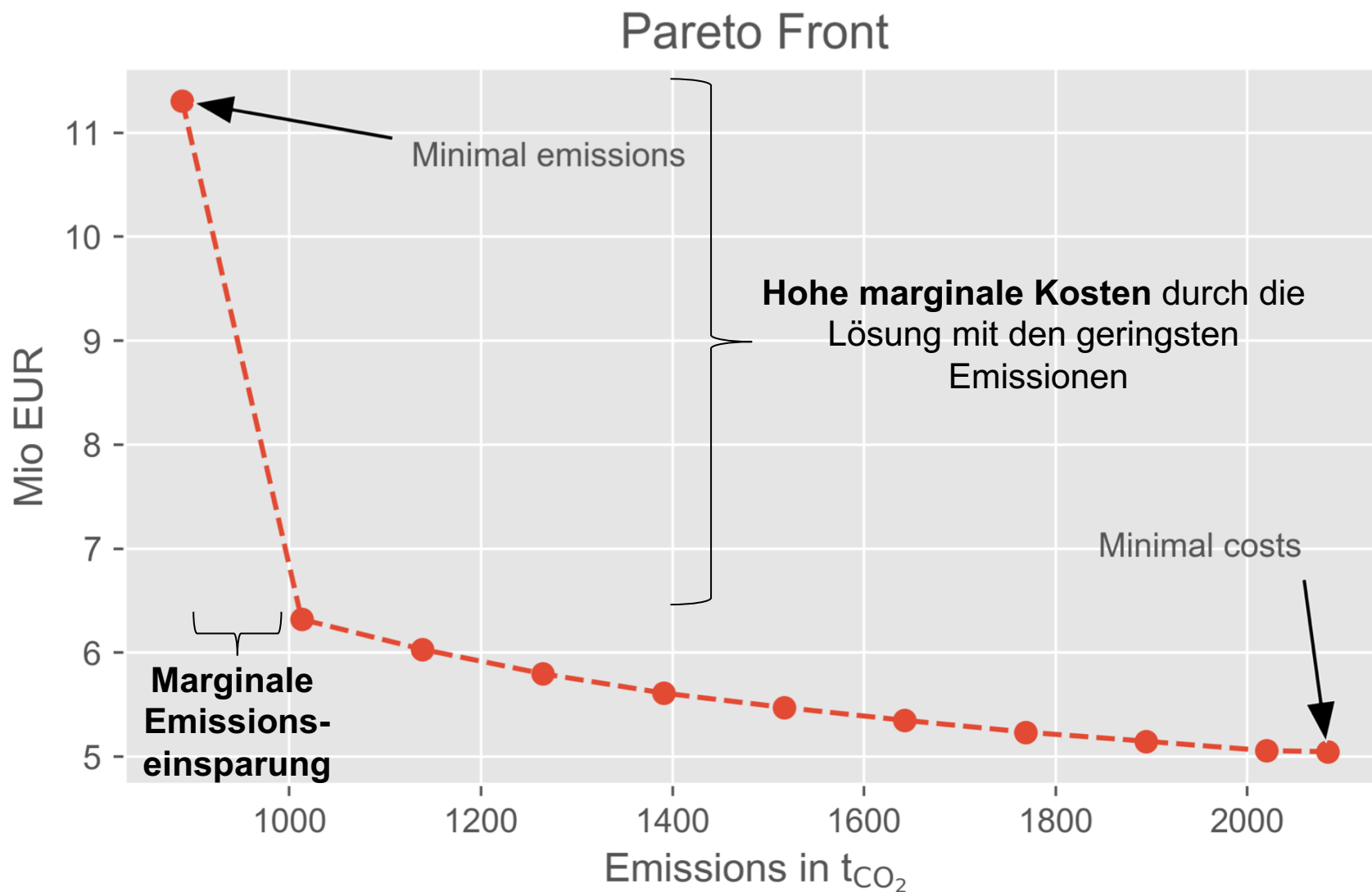


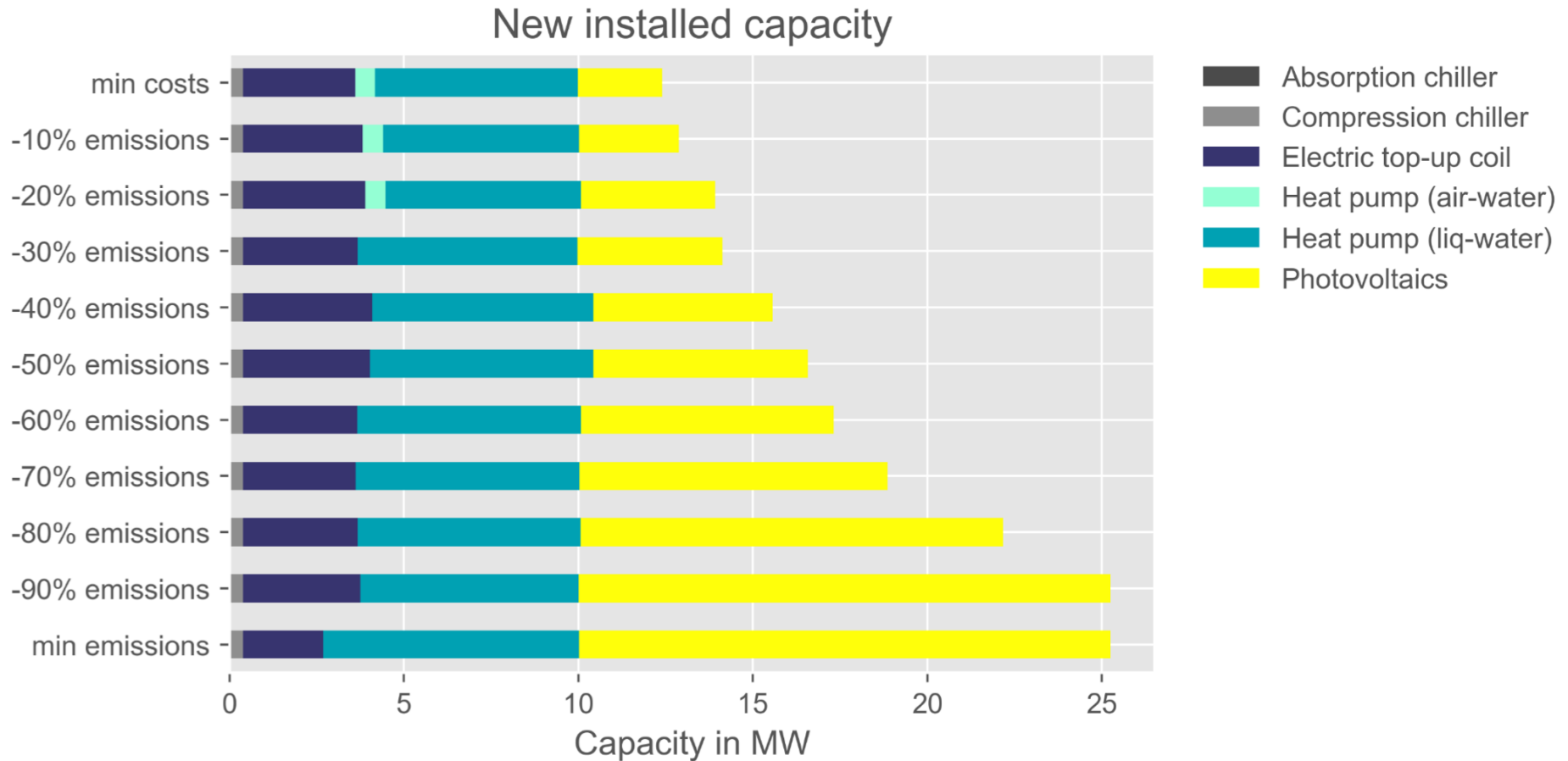
Wärmenetz

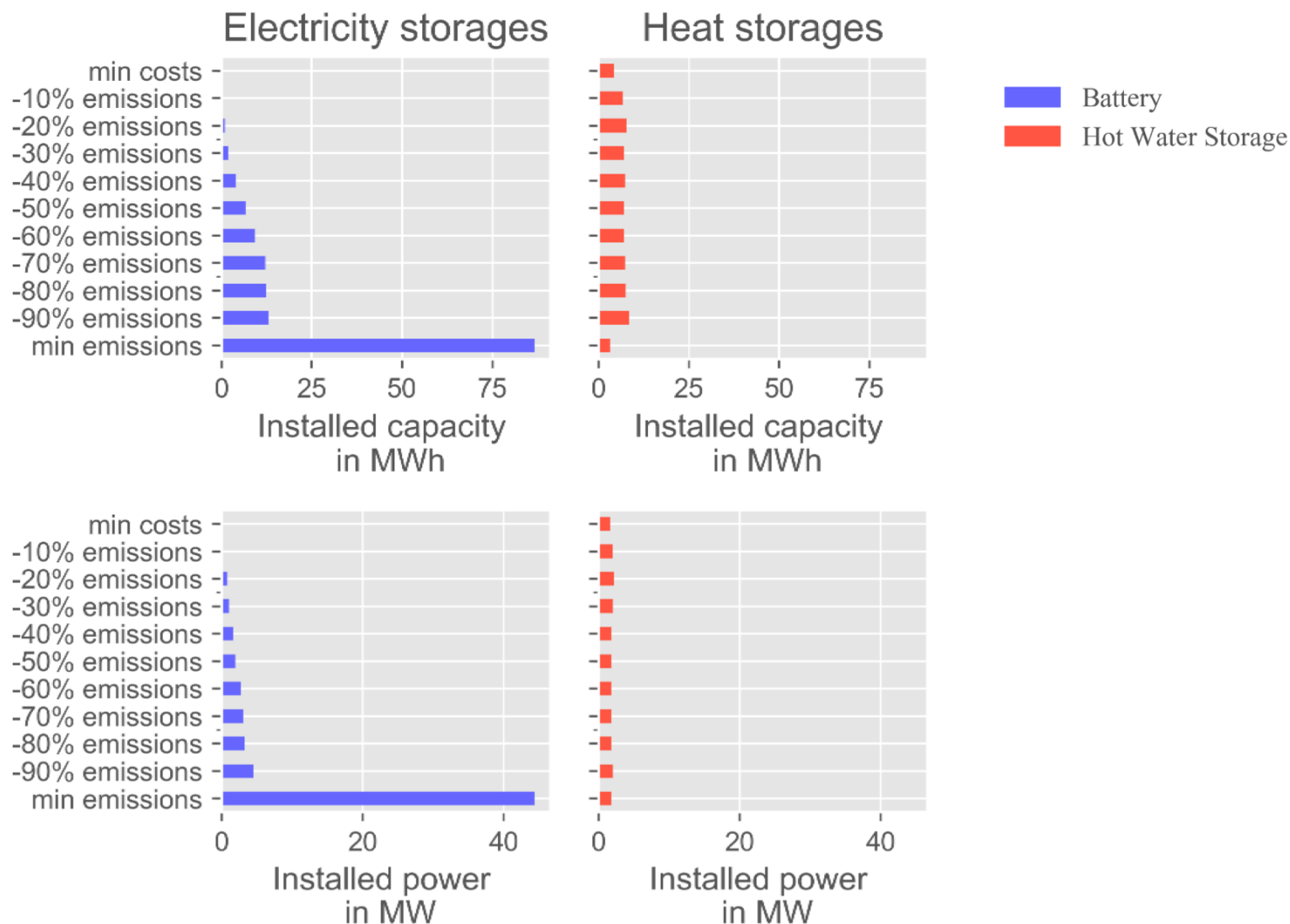


Gasnetz

Ergebnis für den Status Quo



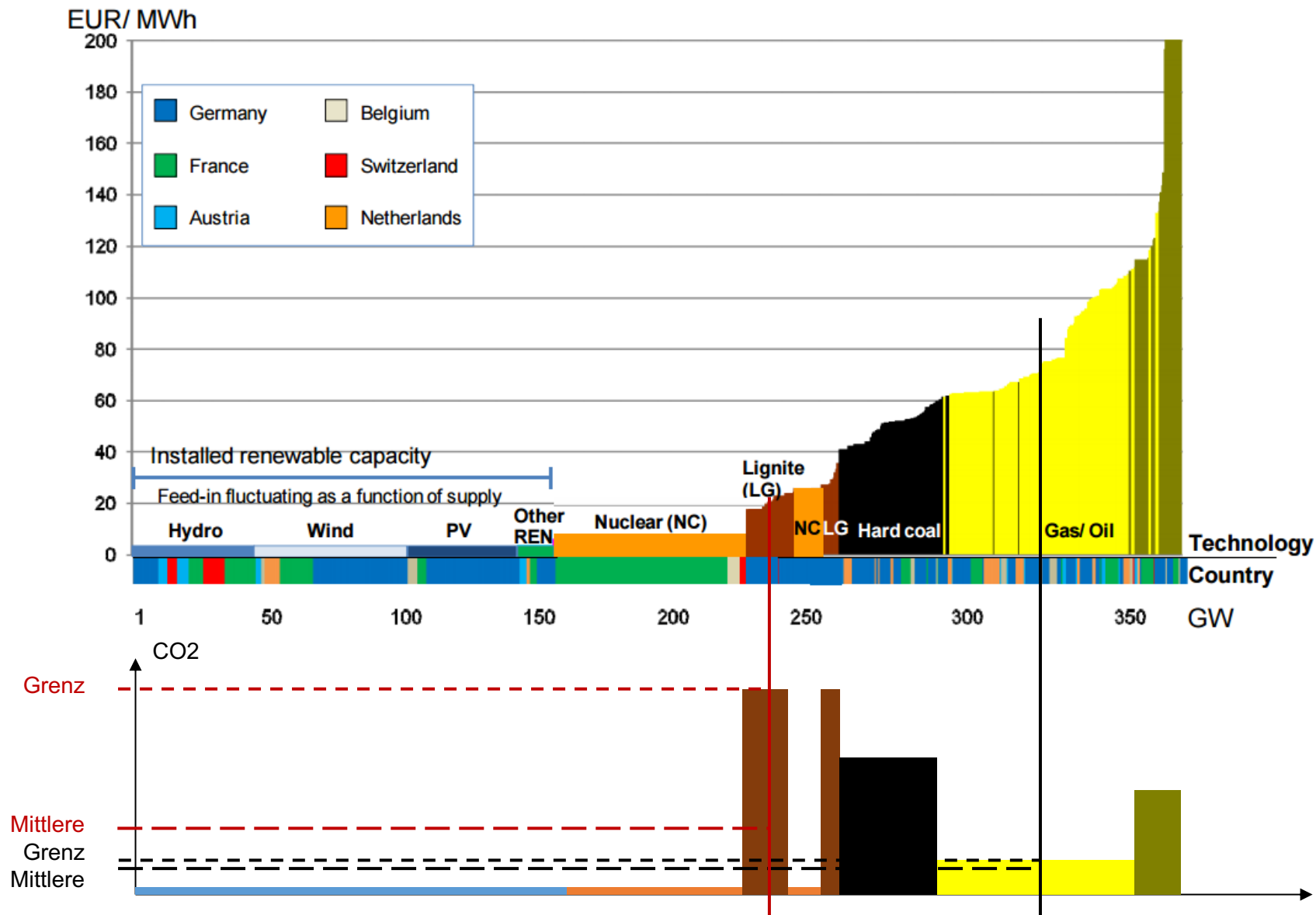




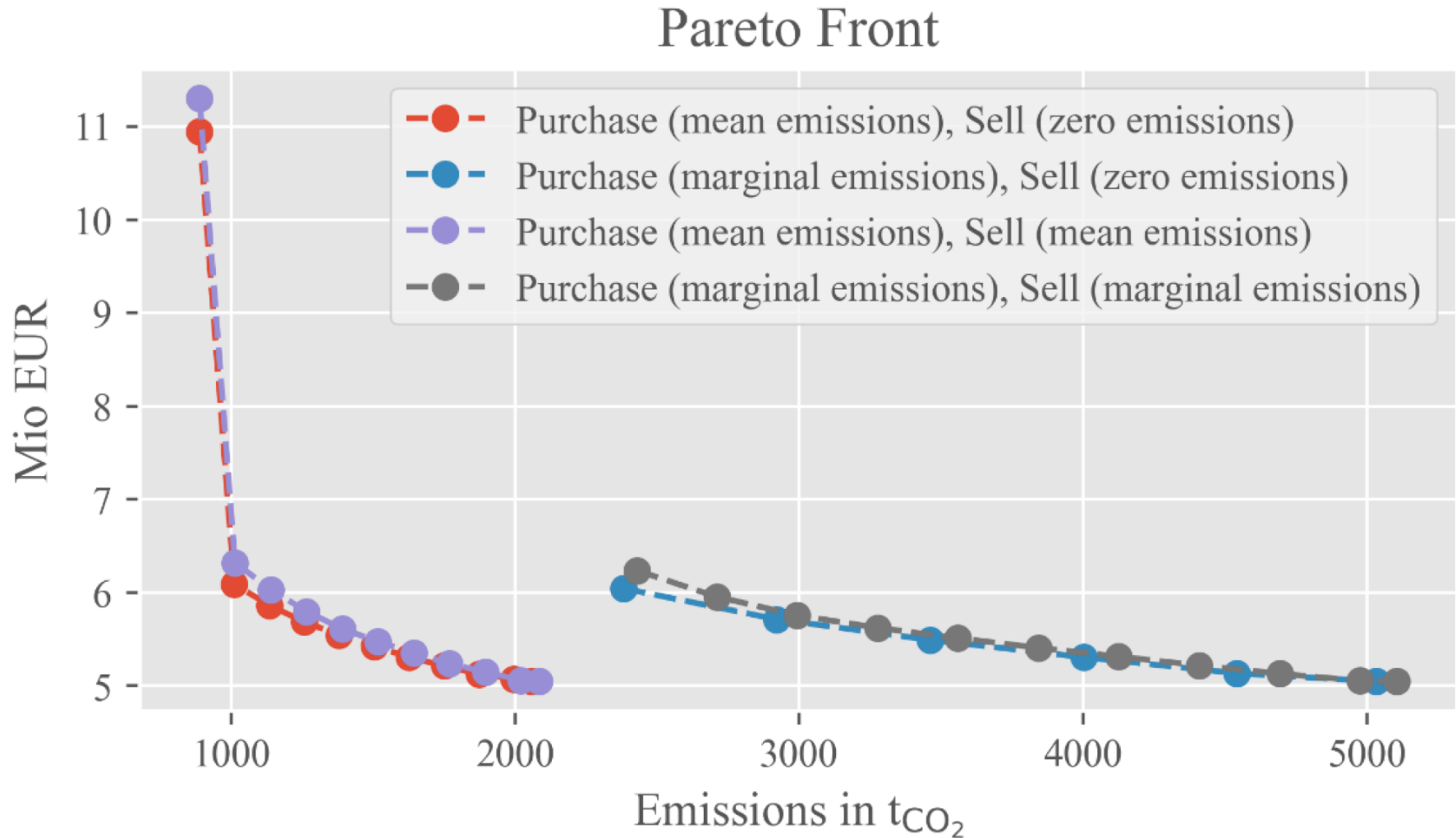
Scenario: min costs



Sensitivität von „mittleren“ und „Grenzemissionen“



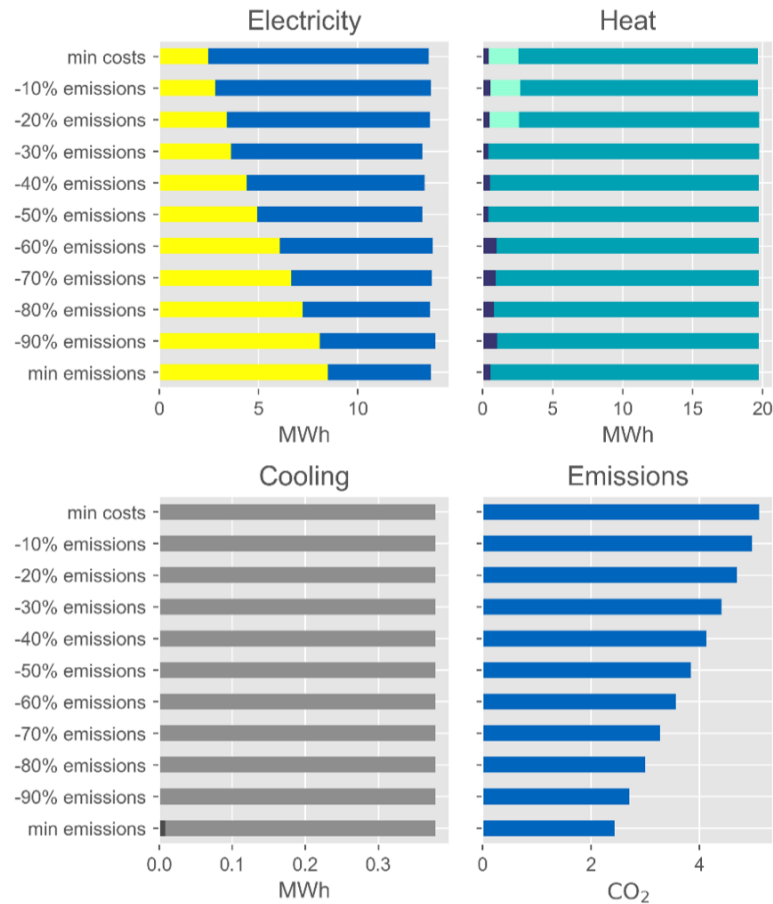
Ergebnisse der Emissionsbewertung



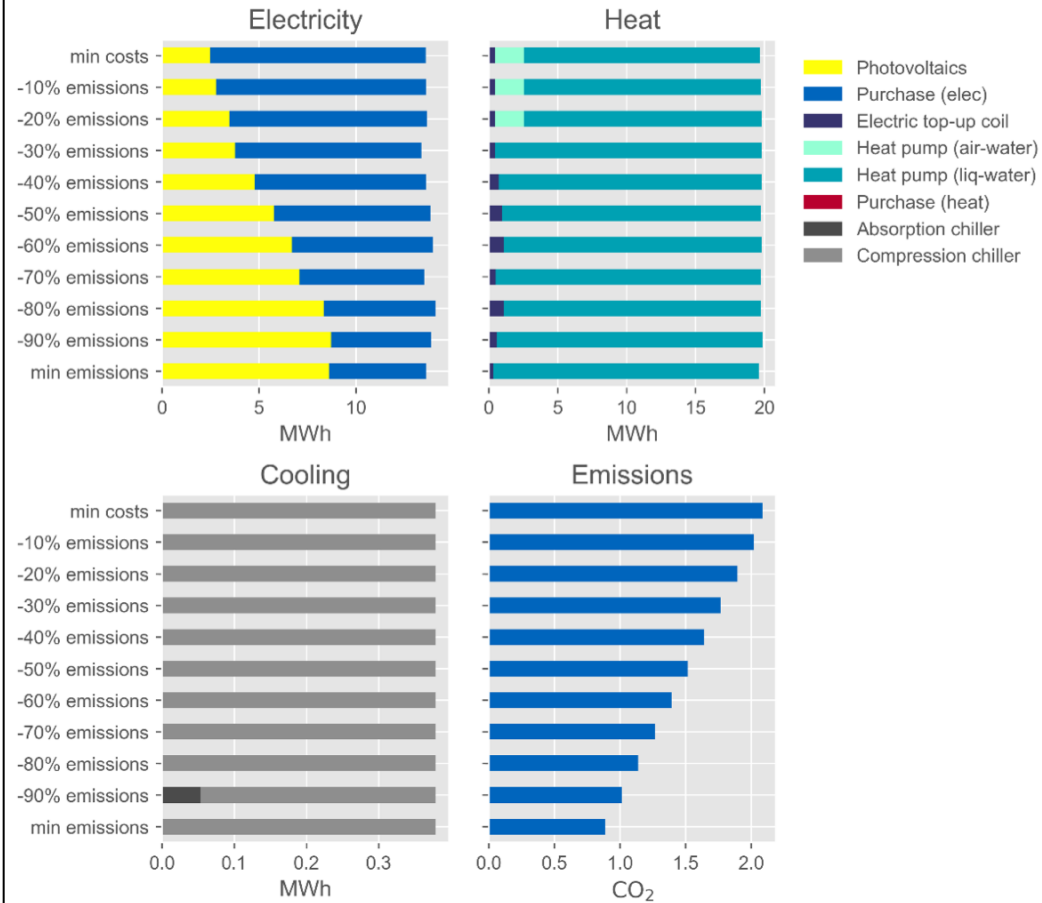
Unterschiedliche Pareto Fronten ...

... obwohl die Lösungen nicht sehr abweichend sind.

Grenzemissionen



Mittlere Emissionen



- Photovoltaics
- Purchase (elec)
- Electric top-up coil
- Heat pump (air-water)
- Heat pump (liq-water)
- Purchase (heat)
- Absorption chiller
- Compression chiller

Discussion and conclusions

- Erkenntnisse aus der Pareto Optimierung:
 - Die Ergebnisse zeigen eine komplexe Beziehung zwischen effizienter Emission und Kostenreduzierung. ?
 - Trend: mehr Solar, Wärmepumpen und Stromspeicher?
 - Sehr hohe (lokale) Emissionsreduktion führt zu sehr hohen Kosten?
 - 2. oder x. beste Lösung machbarer?
 - Emissionsminderung meist durch "Elektrifizierung" des Systems?
 - Auswirkungen auf das Stromsystem?
 - Andere Energieversorgungsnetze sind hier wesentlich eingeschränkter
 - Großflächige Bereitstellung von Wärmepumpen realistisch?
 - Trotz Speicherbereitstellung ist ein zuverlässiges Verteilungssystem von großer Bedeutung.
- Zukünftige Untersuchung befasst sich mit:
 - Integration von Elektrofahrzeugen (EV).
 - Integration von Wasserstoff-Langzeitspeichern (erhöhen Sie die Komplexität erheblich).

Andreas Fleischhacker

TU Wien
Energy Economic Group, EEG
Gußhausstraße 25-29 / E370-3
1040 Vienna, Austria

[T] +43 1 58801 370 361

[F] +43 1 58801 370 397

[E] fleischhacker@eeg.tuwien.ac.at

[W] <http://www.eeg.tuwien.ac.at>

