



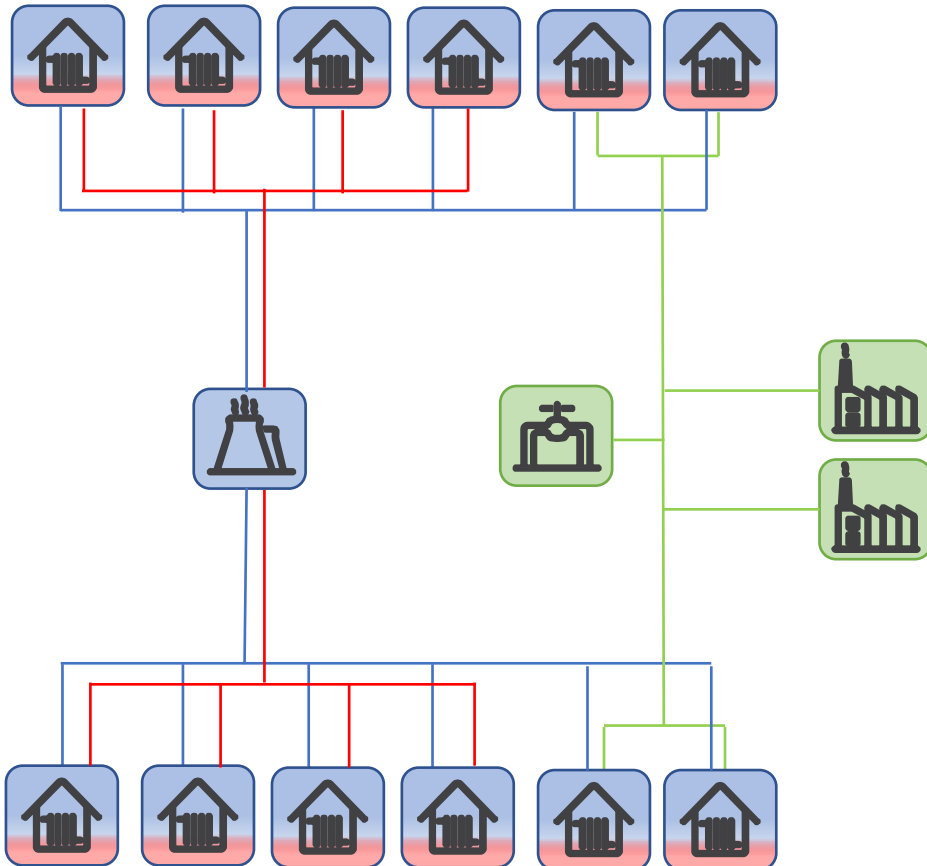
Optimale Mittelspannungsnetzplanung mit aktivem Einsatz von Flexibilität

Johannes Heise

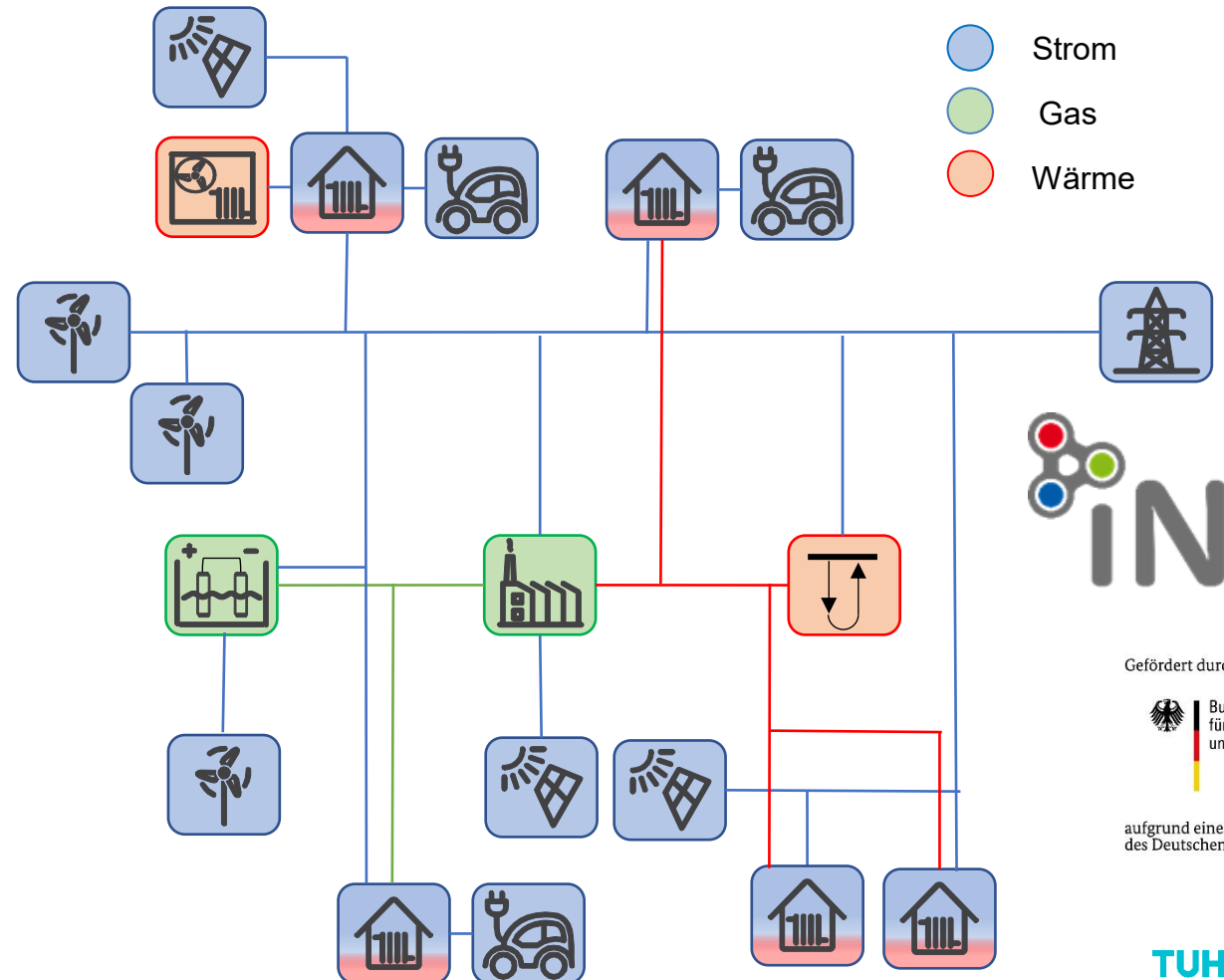
19. Symposium Energieinnovation Graz 2026

Motivation

❖ Bisheriges Energiesystem



❖ Zukünftiges Energiesystem



- Strom
- Gas
- Wärme

 iNeP

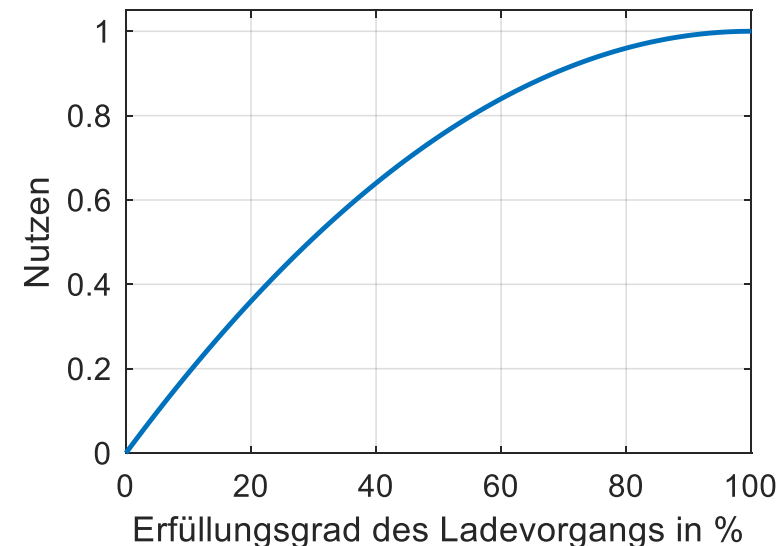
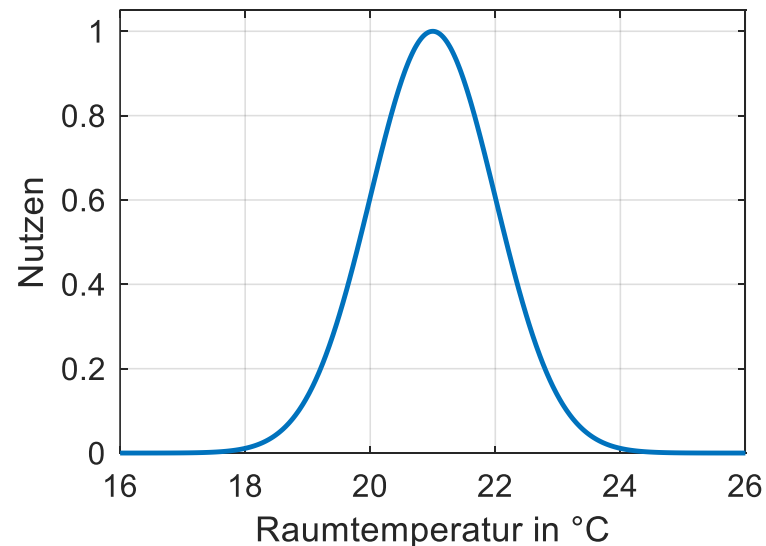
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

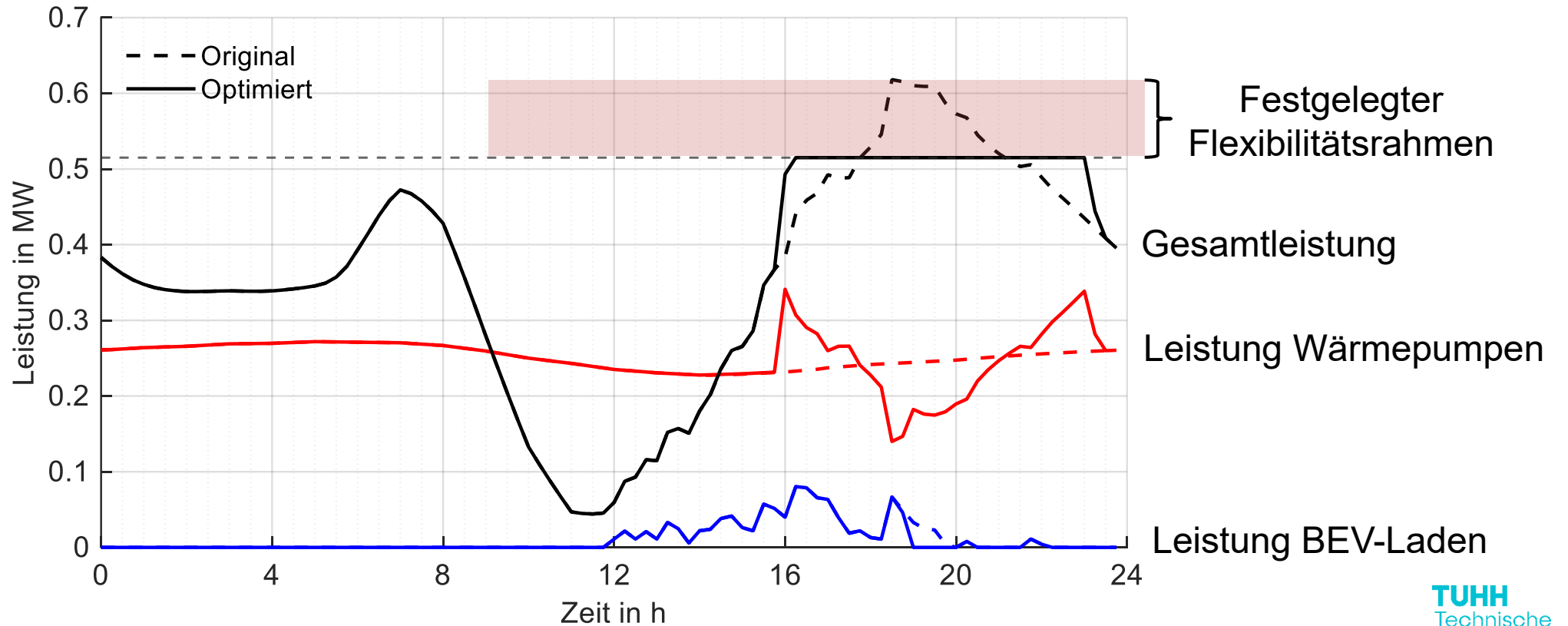
Modellierung von verbraucherseitiger Flexibilität

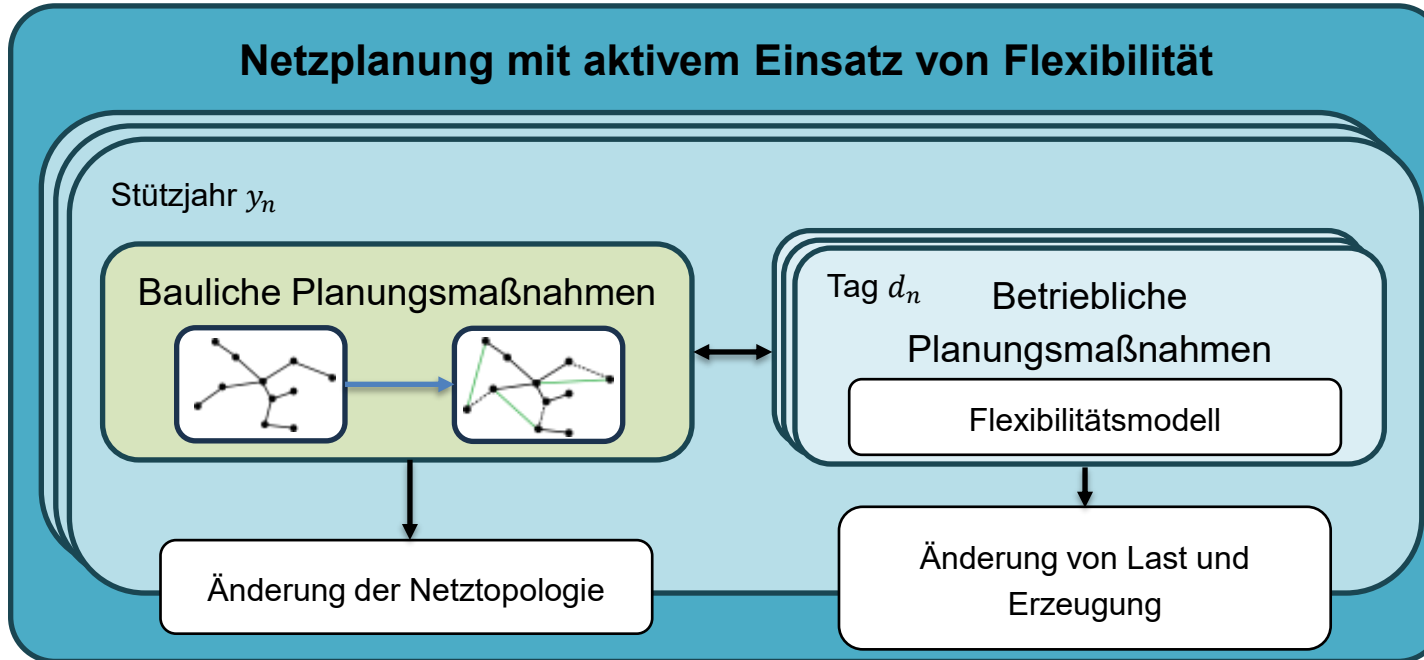
- ❖ Wärmepumpe (WP) und batterieelektrisches Fahrzeug (BEV)
- ❖ Thermisches Gebäudemodell
- ❖ Stochastischer Fahr- und Ladeprofilgenerator
- ❖ Bewertung des Verbrauchernutzens



Bereitstellung von Flexibilität für die Planung

$$\max_{p_t^{WP}, p_t^{BEV}} \text{Gesamt-nutzen} = \alpha_N \left(\text{Nutzen aller WP}(P_t^{WP}) \right) + (1 - \alpha_N) \left(\text{Nutzen aller BEV}(P_t^{BEV}) \right)$$





Zielfunktion mit
Entscheidungsvariablenvektor x

$$\min_x C_{\text{Ges}} = C_{\text{Inv}}(x) + C_{\text{Be}}(x)$$

$$C_{\text{Inv}} = \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{\text{typ}}^{N_{\text{typ}}} \sum_{y=1}^Y C_{k,\text{typ},y}^{\text{bau}} z_{k,\text{typ},y}$$

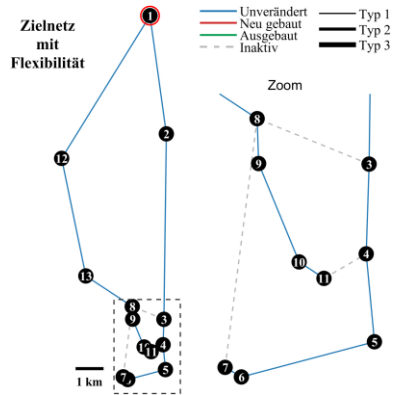
Binär als Teil von x

$$C_{\text{Be}} = \sum_{i=2}^N \sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^T C_{t,y}^{\text{flex.P}+} P_{i,y,t}^{\text{flex}+} + C_{t,y}^{\text{flex.P}-} P_{i,y,t}^{\text{flex}-} + C_{t,y}^{\text{flex.Q}+} Q_{i,y,t}^{\text{flex}+} + C_{t,y}^{\text{flex.Q}-} Q_{i,y,t}^{\text{flex}-}$$

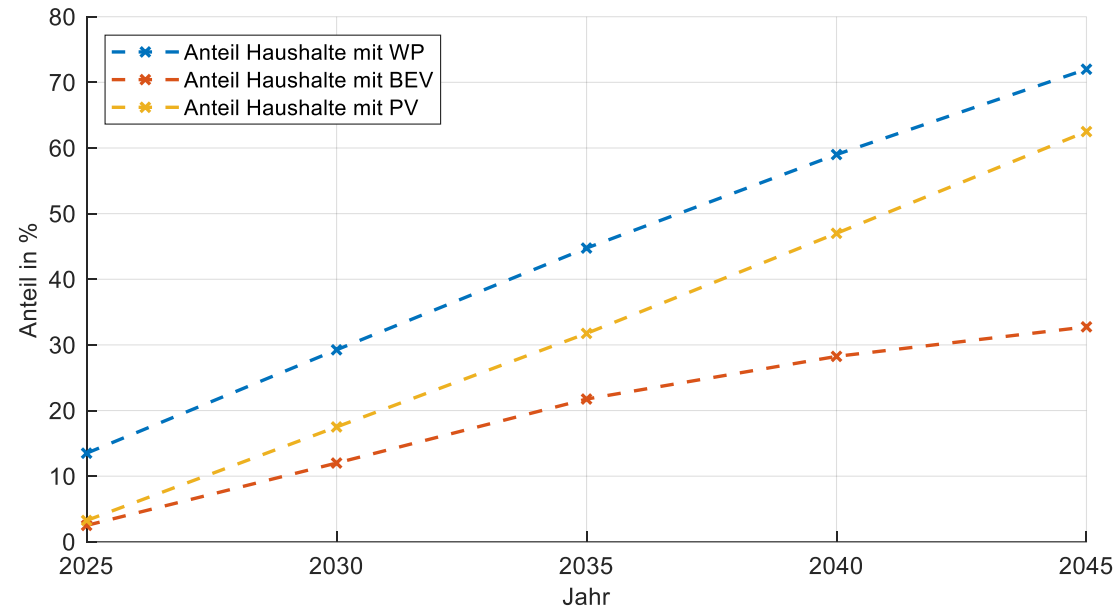
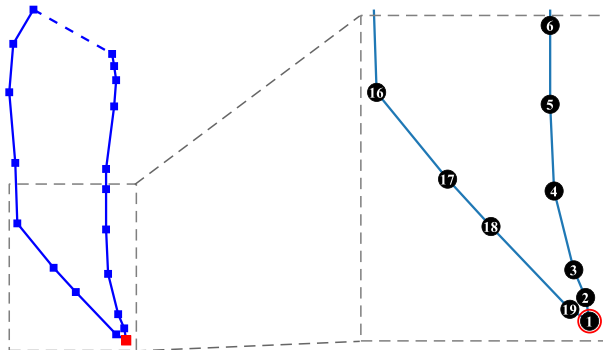
Kontinuierlich als Teil von x

Fallstudie

Ländliches 20kV Netz [1]



Städtisches 10kV Netz [2]



Netztyp	Spannung	Typ	R [Ω /km]	X [Ω /km]	C [nF/km]	Smax [MVA]	Kosten [€/km]
Städtisch	10 kV	1	0,122	0,105	456	7,21	300.000
Städtisch	10 kV	2	0,100	0,100	500	8,16	400.000
Städtisch	10 kV	3	0,077	0,100	550	9,27	500.000
Ländlich	20 kV	1	0,313	0,132	216	8,73	200.000
Ländlich	20 kV	2	0,161	0,117	273	12,5	250.000
Ländlich	20 kV	3	0,122	0,112	304	14,6	300.000

Kosten für Flexibilität 100€/MWh

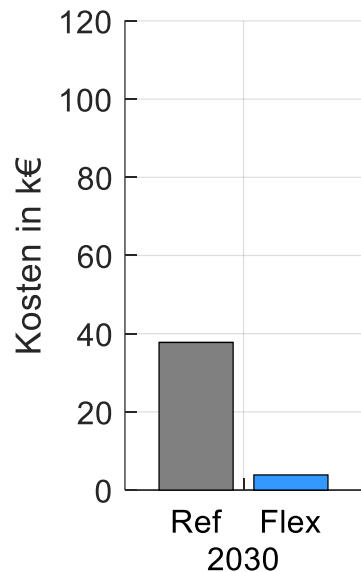
[1] K. Rudion, A. Orths, Z. Styczynski, und K. Strunz, "Design of benchmark of medium voltage distribution network for investigation of DG integration," in Proceedings of 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting. Montreal, Que., Canada: IEEE, 2006, S. 6 pp

[2] S. Meinecke, D. Sarajlić, S. R. Drauz, A. Klettke, L.-P. Lauen, C. Rehtanz, A. Moser, und M. Braun, "SimBench—A Benchmark Dataset of Electric Power Systems to Compare Innovative Solutions based on Power Flow Analysis," Energies, Bd. 13, Nr. 12, S. 3290, Jun. 2020.

Flexibilität als Planungsoption reduziert den Ausbaubedarf

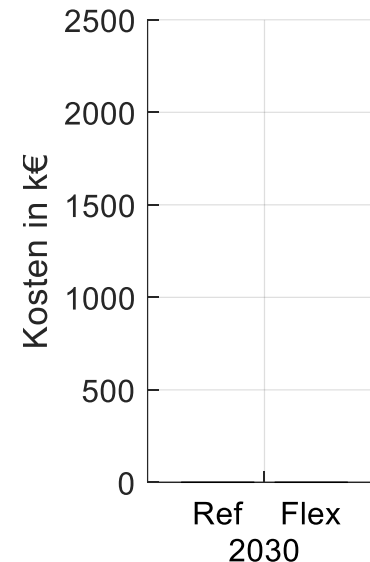
Städtisches Netz

■ Infrastrukturkosten ■ Flexibilitätskosten



Ländliches Netz

■ Infrastrukturkosten ■ Flexibilitätskosten

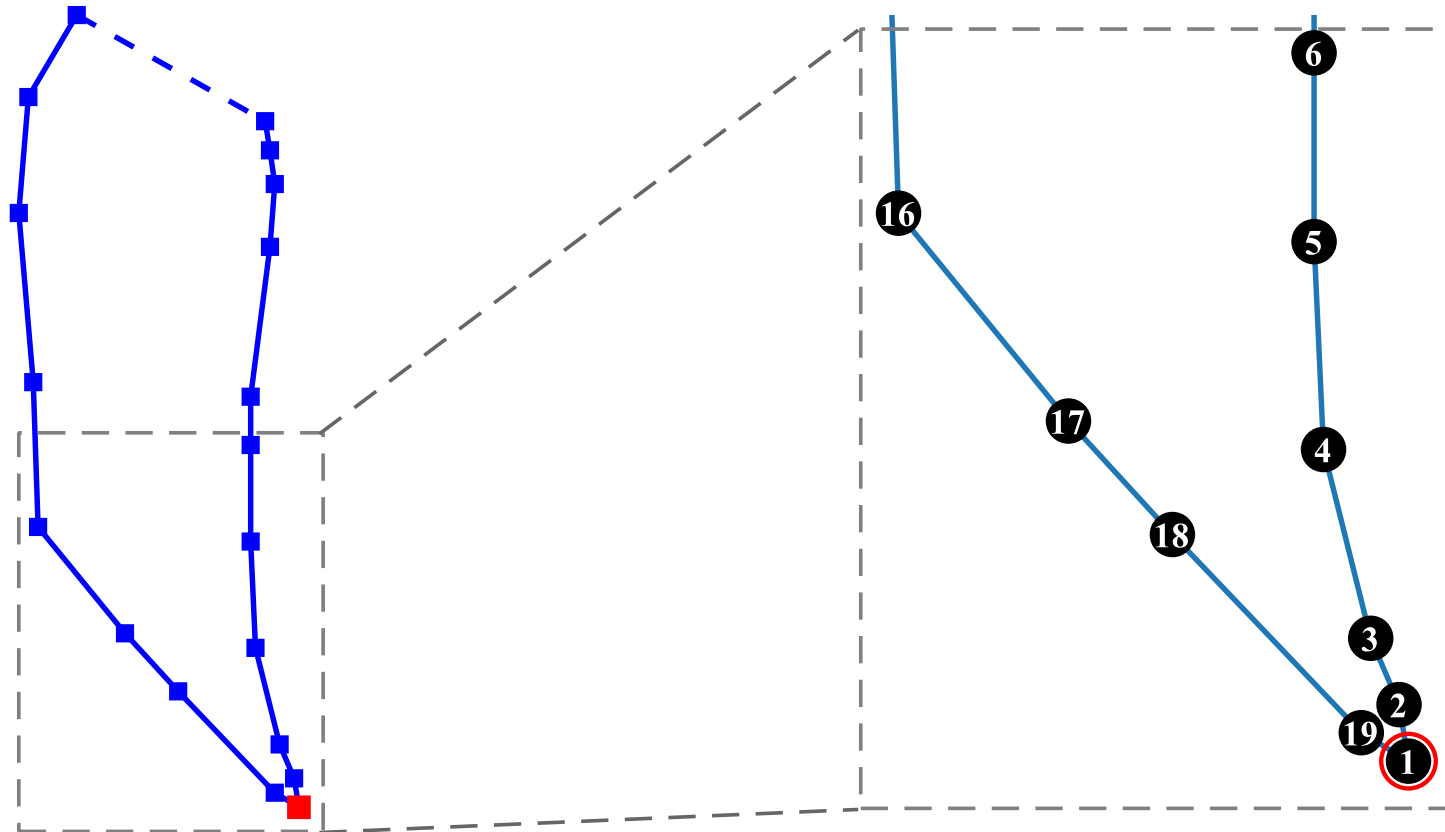


Städtisches Netz

Referenzfall ohne Flexibilität	251 tsd. €
Planung mit Flexibilität	140 tsd. €

Ergebnis städtisches Netz

Zielnetz Referenzfall ohne Flexibilität



Zusammenfassung und Ausblick

- ❖ **Ganzheitlicher Planungsansatz**
 - ❖ **Flexibilität als Planungsoption:** WP und BEV explizit modelliert
 - ❖ **Gemeinsame Optimierung:** bauliche und betriebliche Planungsmaßnahmen
 - ❖ **Nutzerkomfort** begrenzt Flexibilitätseinsatz
-
- ❖ Erweiterung der Flexibilitätsmodellierung
 - ❖ Planung von gekoppelten Strom- und Wärmenetzen
 - ❖ Bewertung der Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit einbeziehen

VIELEN DANK!



Johannes Heise, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Tel: +49 40 30601 4099
E-Mail: johannes.heise@tuhh.de

Technische Universität Hamburg
Institut für Elektrische Energietechnik
Harburger Schloßstraße 22a
21079 Hamburg

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

