Topologieoptimierung von Fernwärmenetzen

Benedikt Schweiger (Benedikt.Schweiger@tum.de)

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Spliethoff

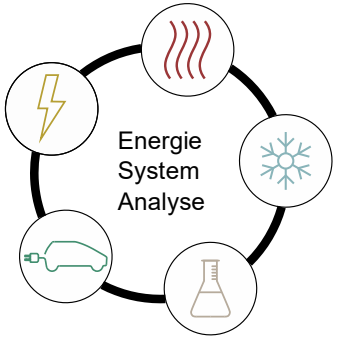
Technische Universität München

Lehrstuhl für Energiesysteme

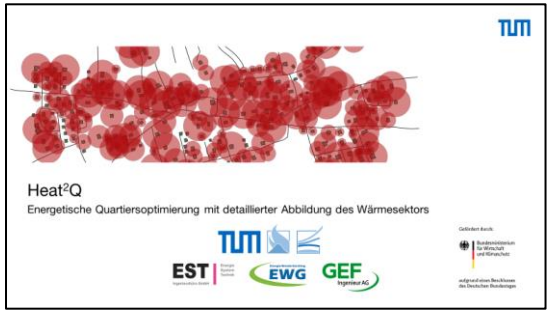
München, 17. März 2026

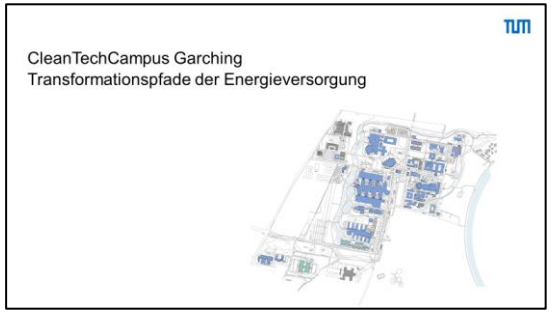
Lehrstuhl für Energiesysteme

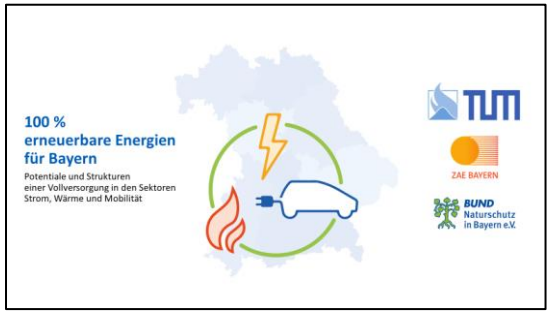
- ~ 60 Personen
- Forschungsgruppen
  - Biomasse & Power2X
  - Brennstoffzellen und thermochemische Energiespeicher
  - Thermodynamische Kreislaufprozesse und Geothermie
  - Energiesystemanalyse



  - Sektorengekoppelte Optimierung von Quartiers-energiesystemen mit Fokus auf Wärmeversorgung
  - Technoökonomische Fernwärmenetzoptimierung
  - …







Open-Source Tools

- topotherm: https://github.com/jylambert/topotherm
- tt-storage: https://github.com/ddceruti/tt-storage

Auslegung von Fernwärmenetzen am LES

Technoökonomische Topologieoptimierung von Fernwärmenetzen mittels topotherm

topotherm

am LES entwickeltes
Open-Source-Optimierungsframework

→ Automatisierte, fundierte Auslegung von Fernwärmenetzen bereits in der frühen Planungsphase unter Berücksichtigung vielfältiger Randbedingungen – bspw. DN-spezifische Investitionskosten, Leitungslängen, Kosten und Effizienzen unterschiedlicher Wärmebereitstellungsanlagen an verschiedenen Standorten.

Veröffentlichungen:

- A two-phase nonlinear optimization method for routing and sizing district heating systems
- Benchmark of mixed-integer linear programming formulations for district heating network design
- Integrating renewable energy and thermal storage in district heating networks: A design optimization approach

Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

Beispielgebiet

- Lage an großem Fluss
- ca. 2000 beheizte Gebäude
- gesamte Wärmebedarfsleistung von ca. 25 MW

Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

Beispielgebiet

- Lage an großem Fluss
- ca. 2000 beheizte Gebäude
- gesamte Wärmebedarfsleistung von ca. 25 MW
- Fernwärmenetz mit 80° C Vorlauf & 60° C Rücklauf
- potenzielle Wärmebereitstellungsanlagen

Biomasse Heizwerk
max. ca. 2.5 MW

Wärmepumpe (WP) Luft
unbegrenzt

WP Abwärme
max. 7 MW

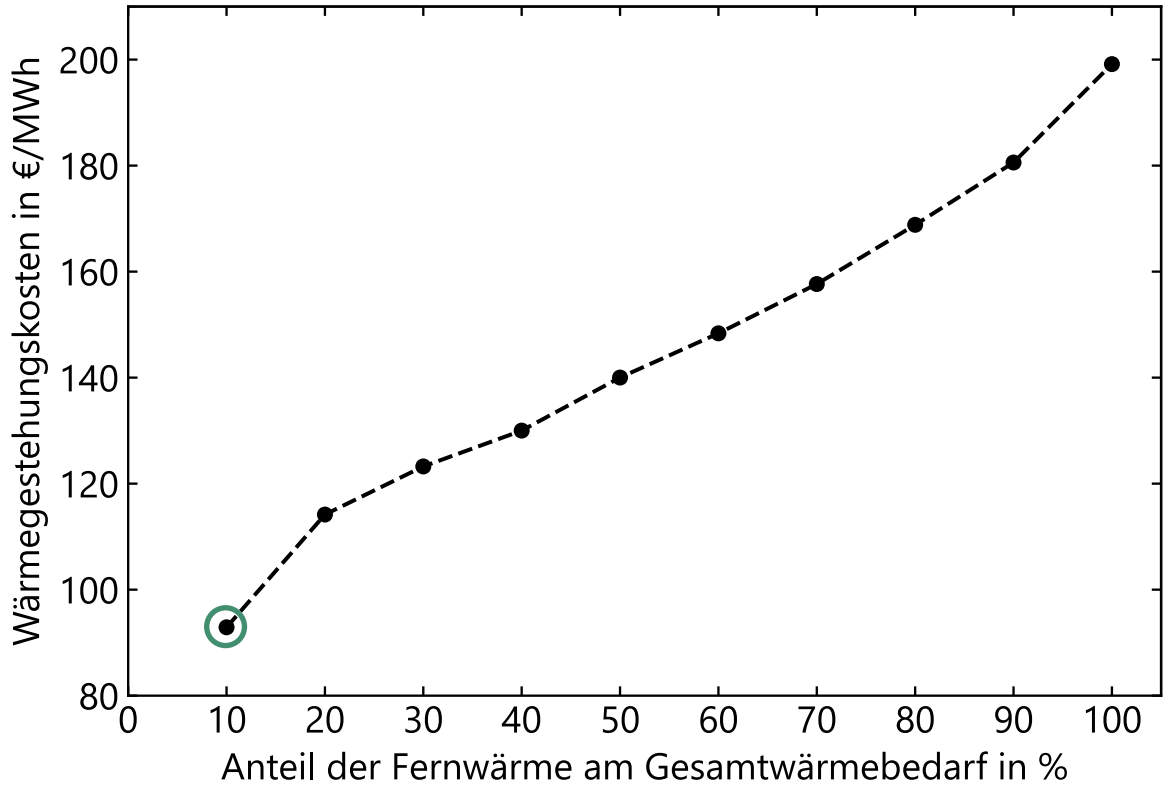
WP Fluss
unbegrenzt

- ...

Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

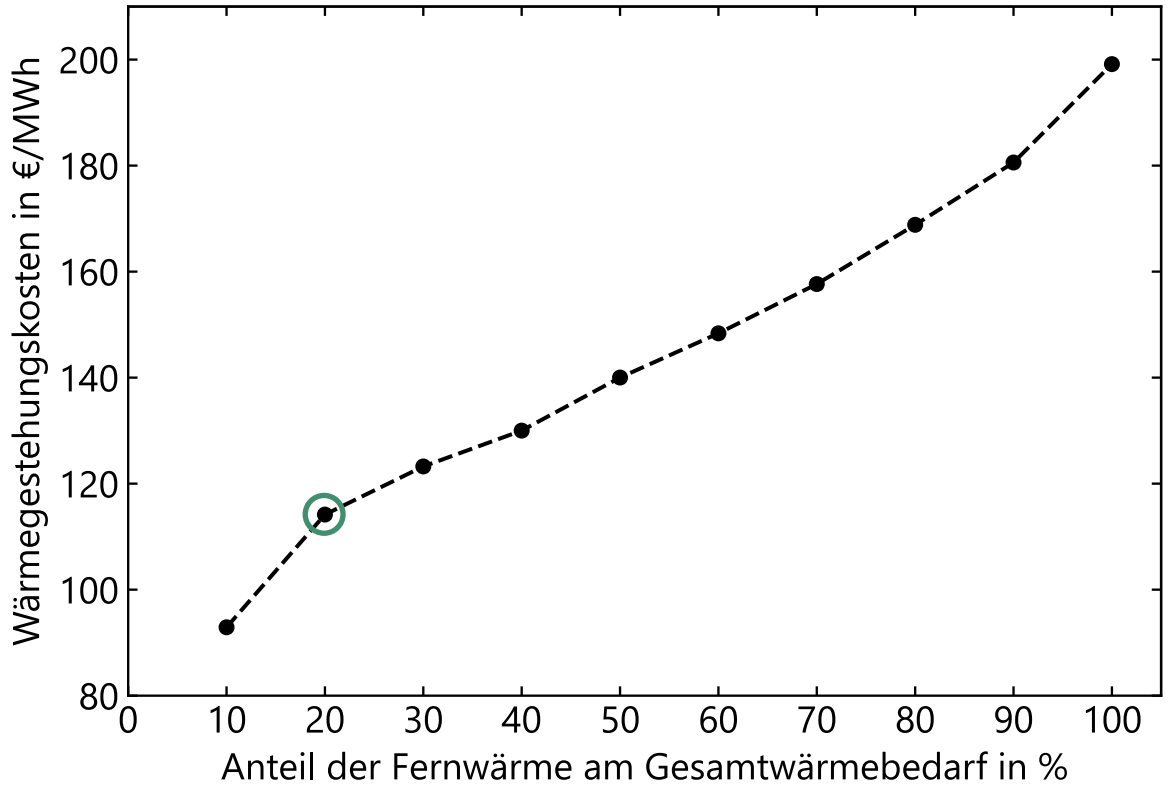
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

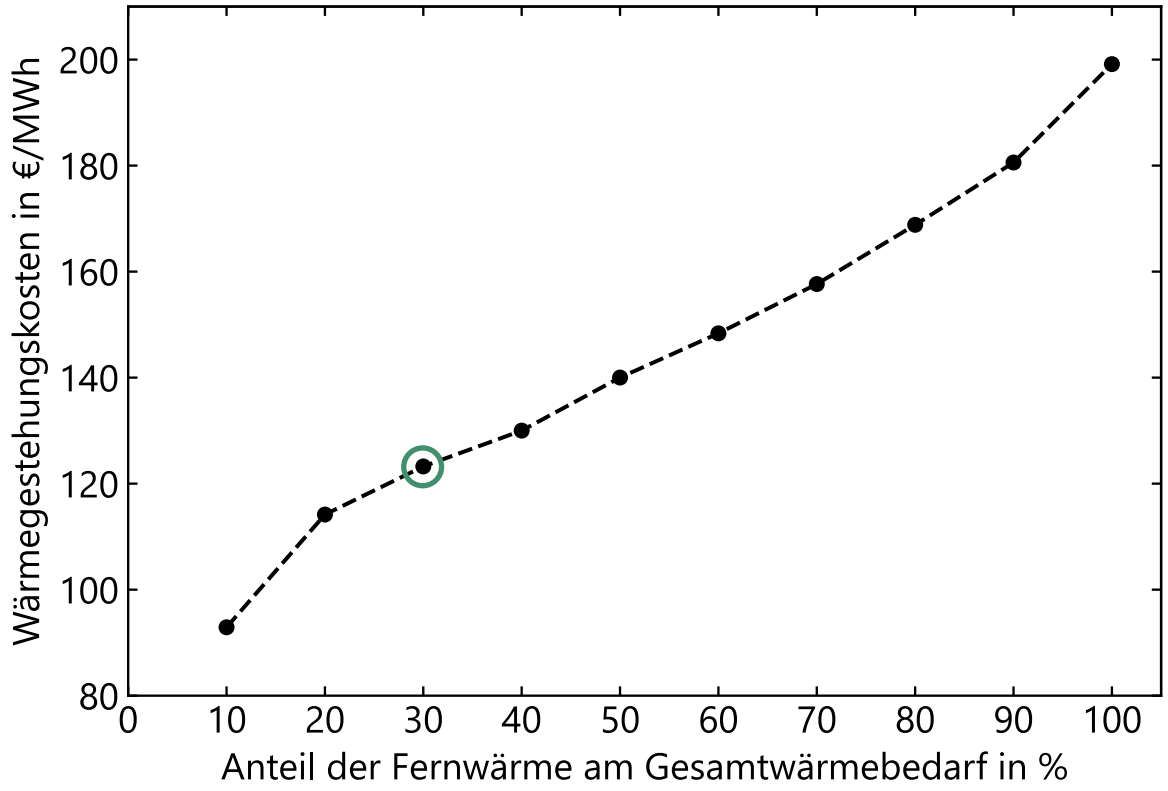
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

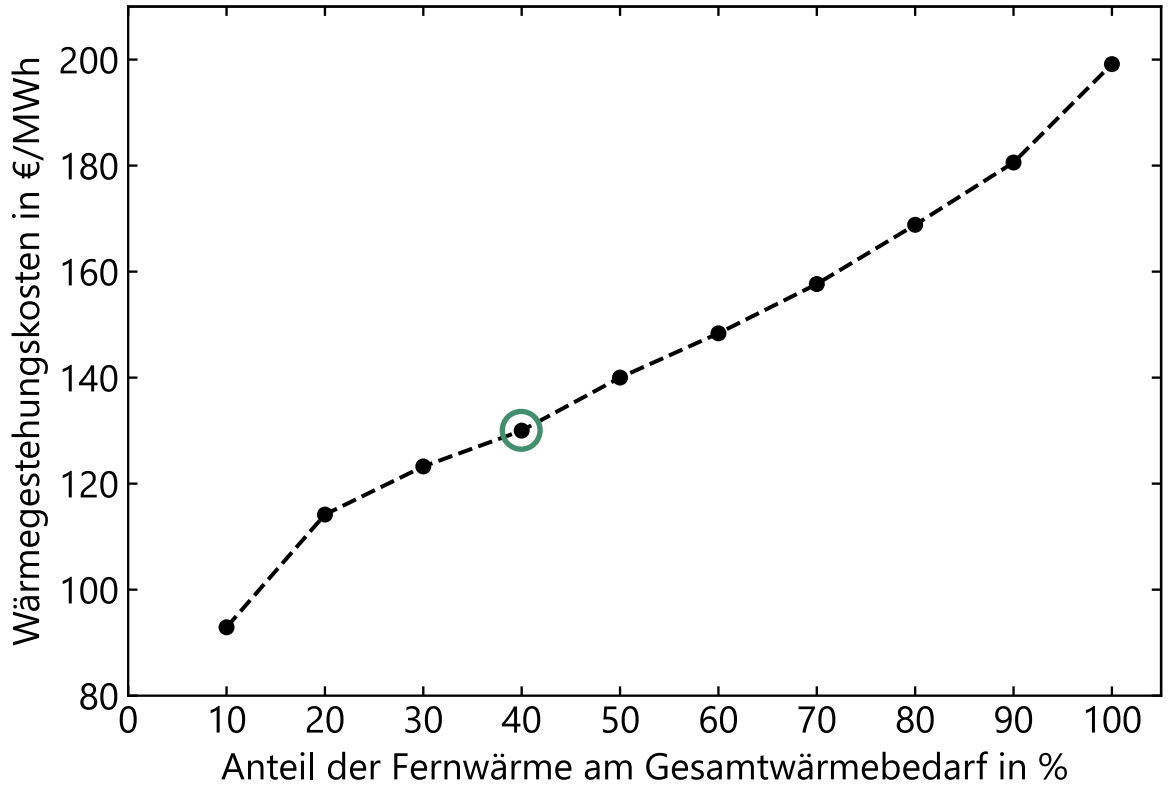
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

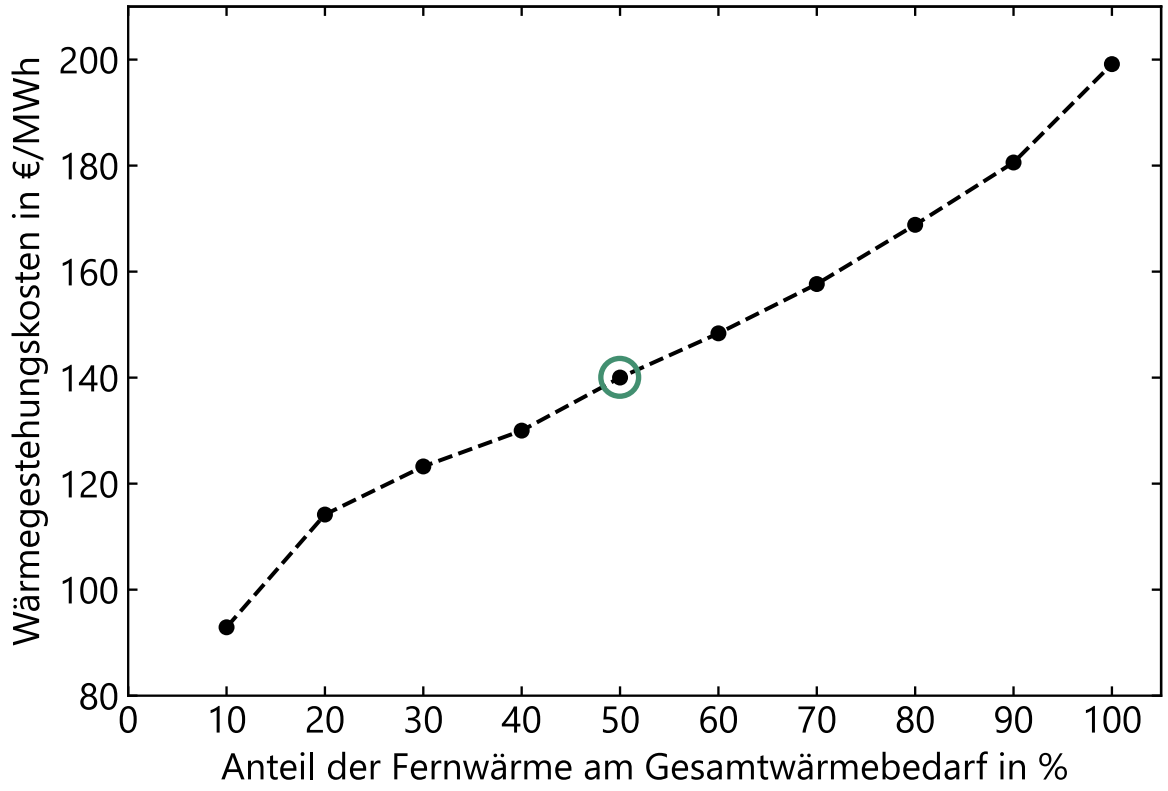
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

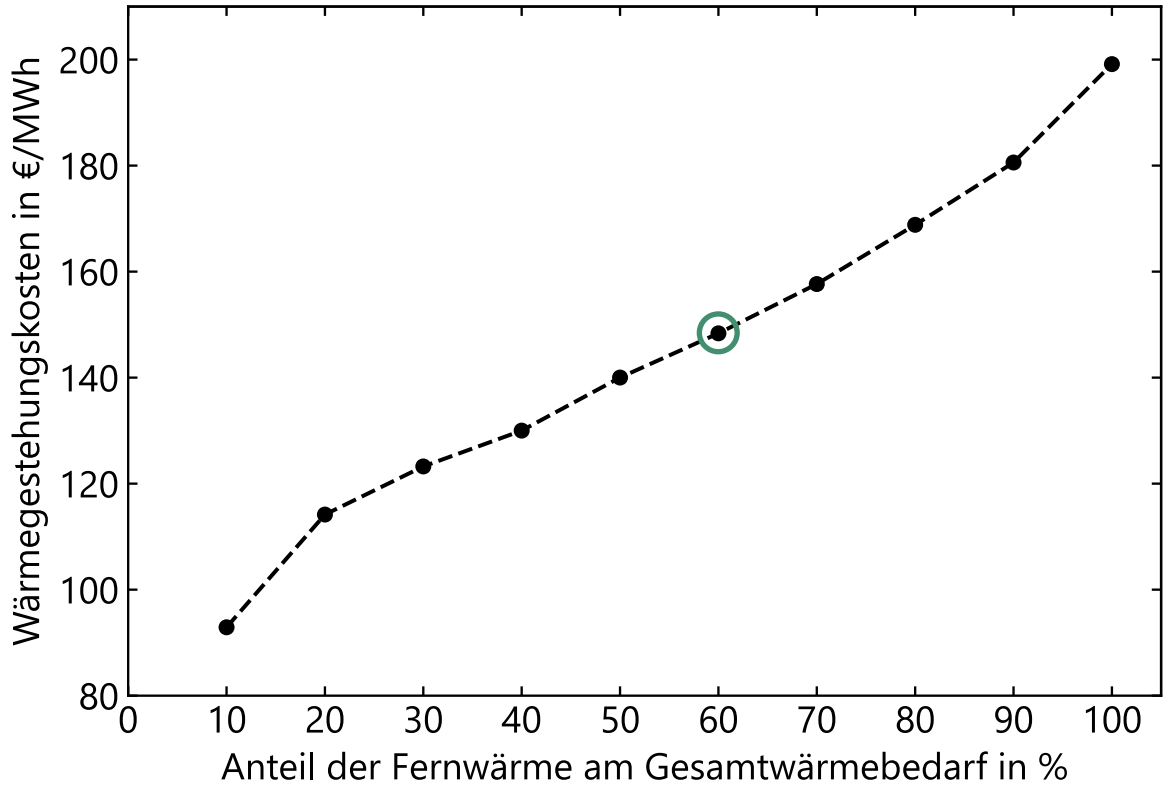
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

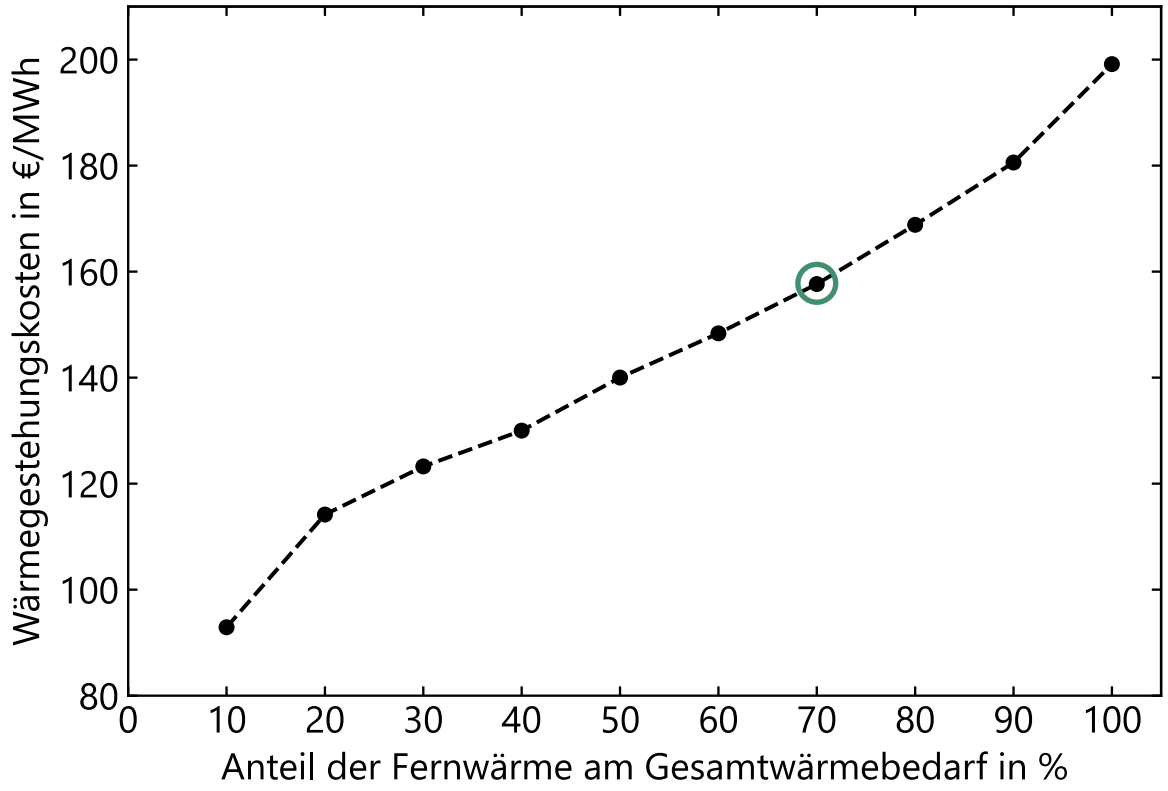
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

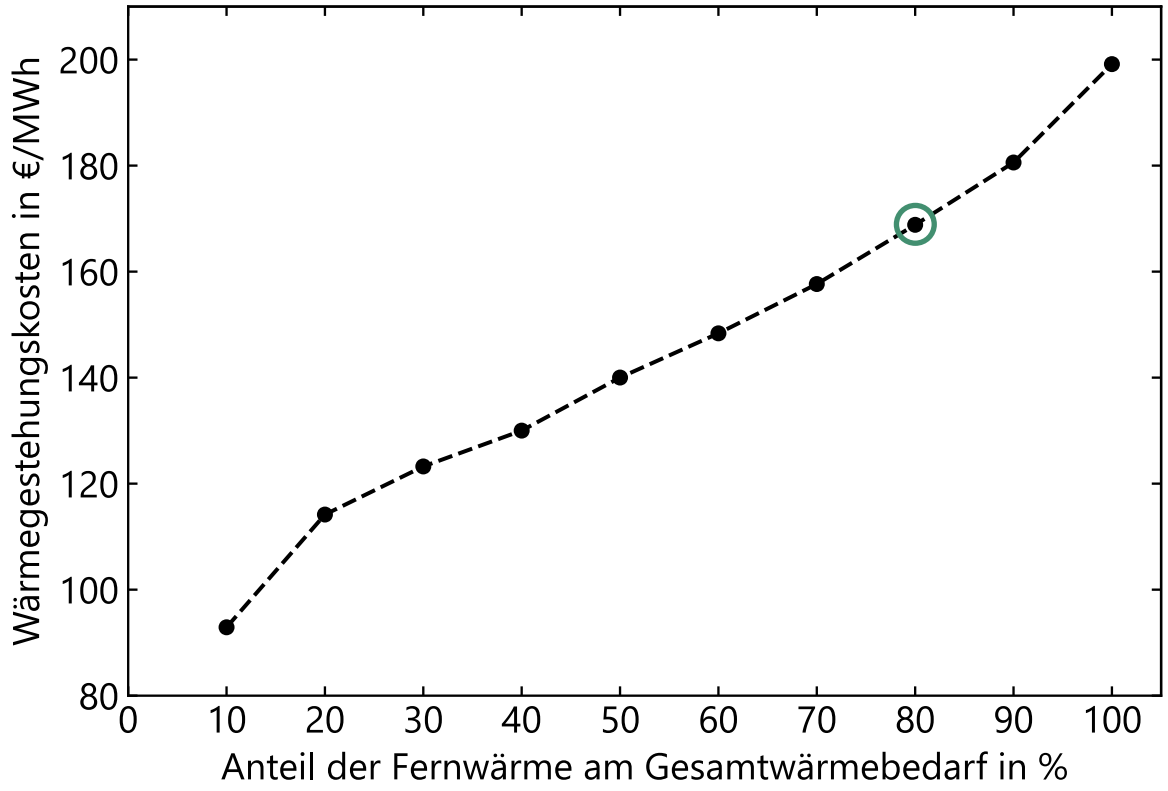
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

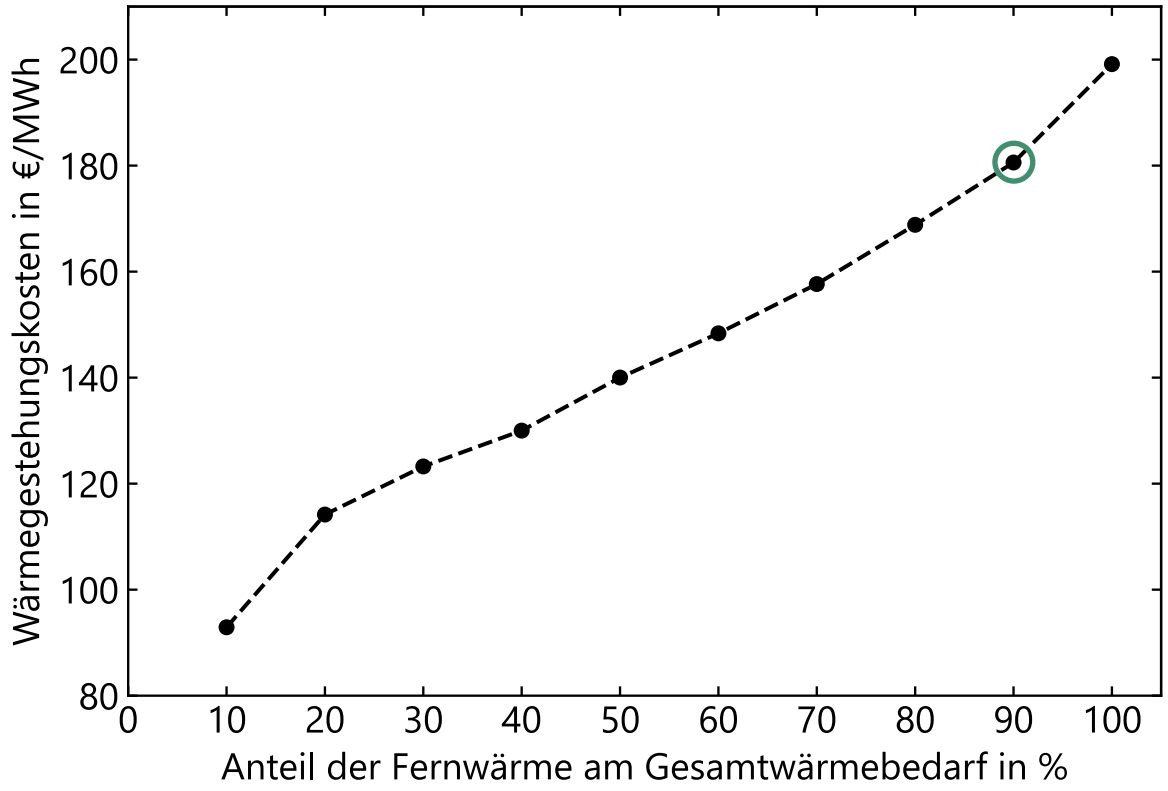
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

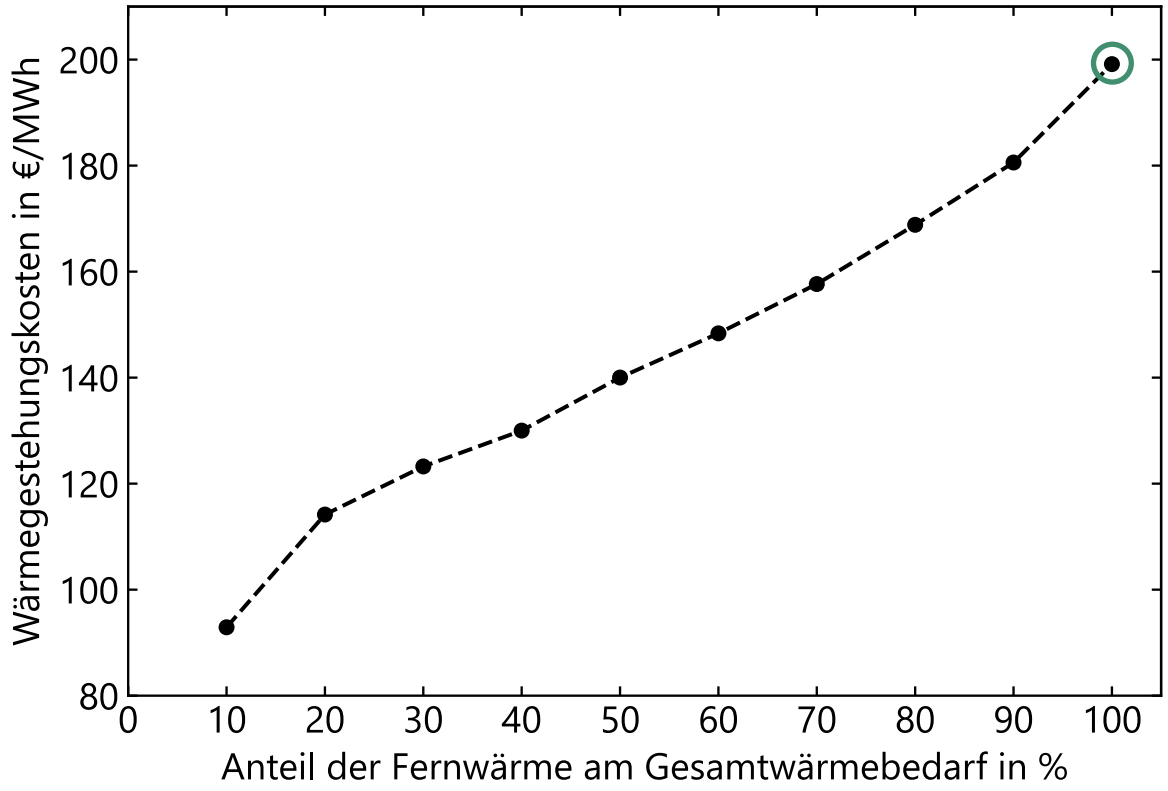
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau

Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

Beispielgebiet

- …
- potenzielle Wärmebereitstellungsanlagen

Biomasse Heizwerk
max. ca. 2.5 MW

Wärmepumpe (WP) Luft
unbegrenzt

WP Abwärme
max. 7 MW

WP Fluss
unbegrenzt

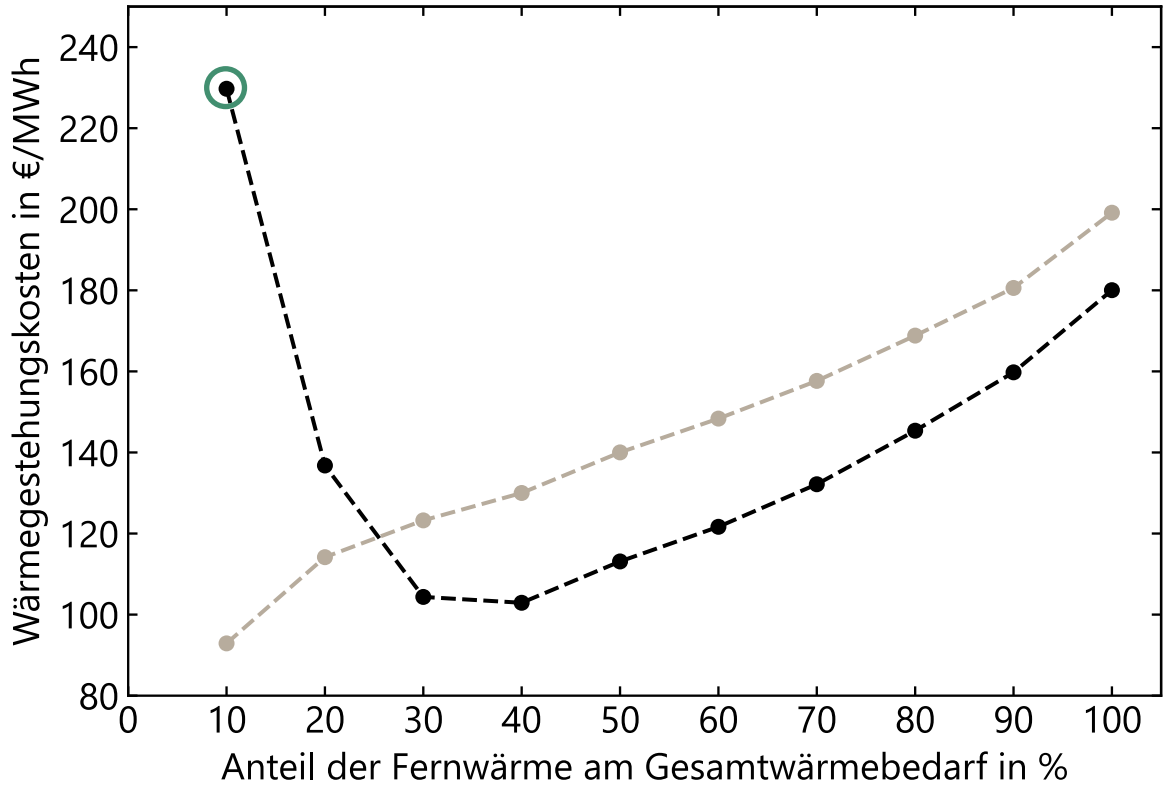
Hydrothermale Tiefengeothermie
ca. 7.5 MW

- …

Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

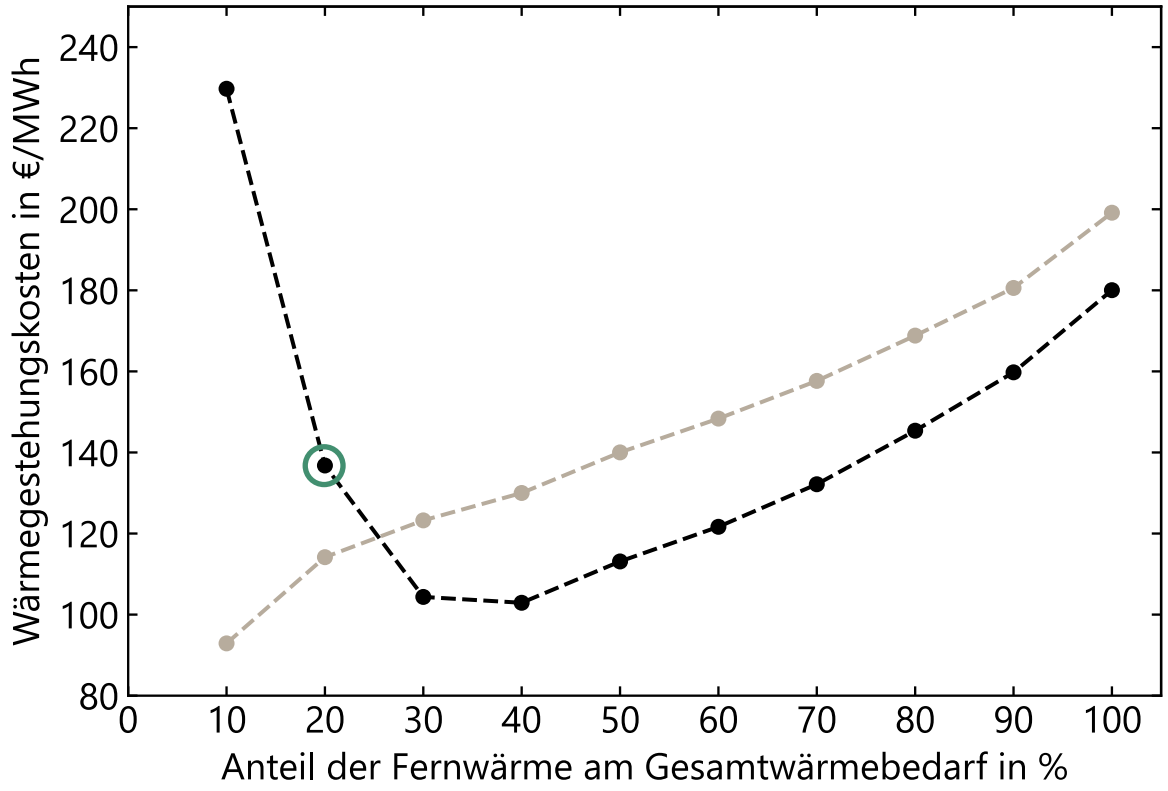
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

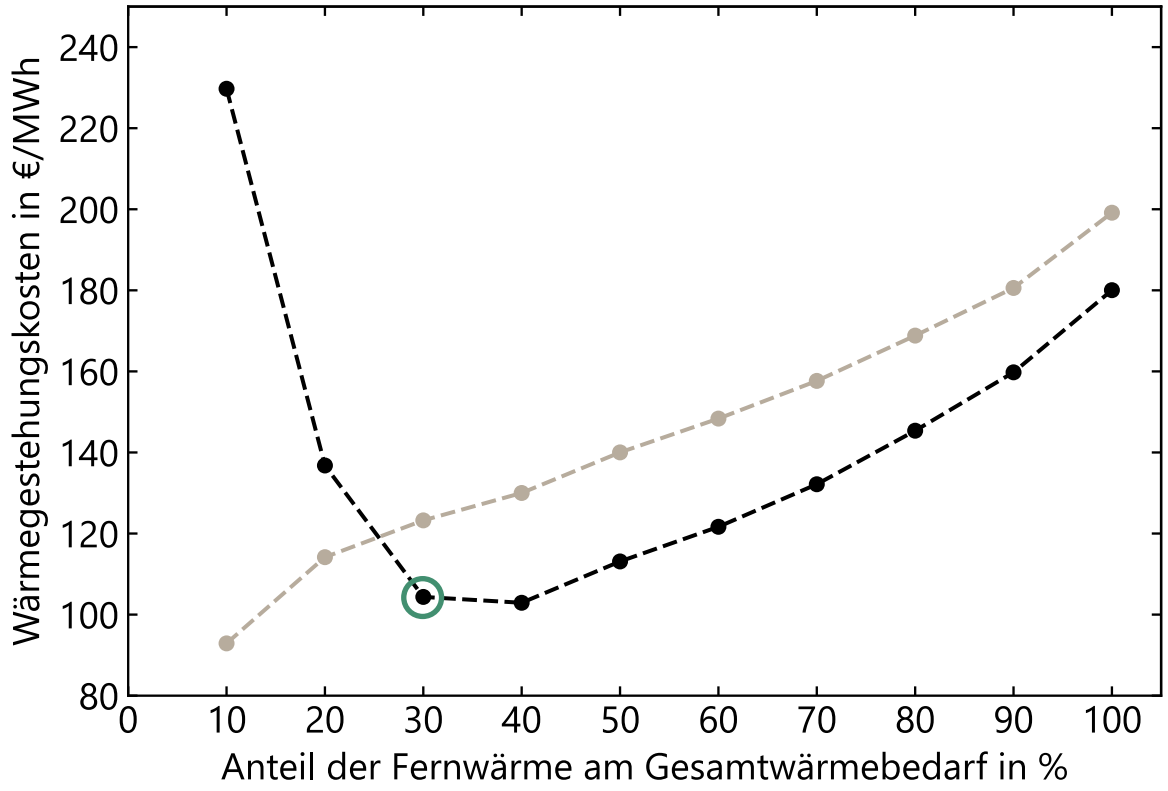
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

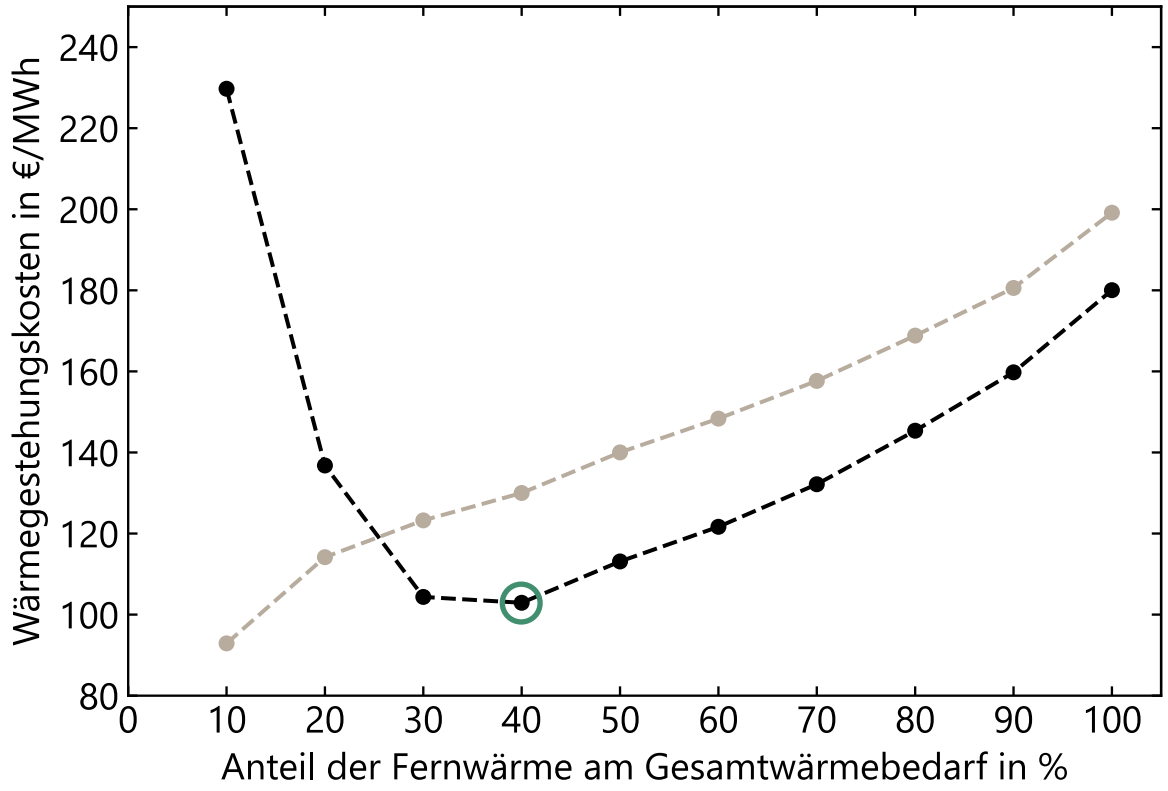
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

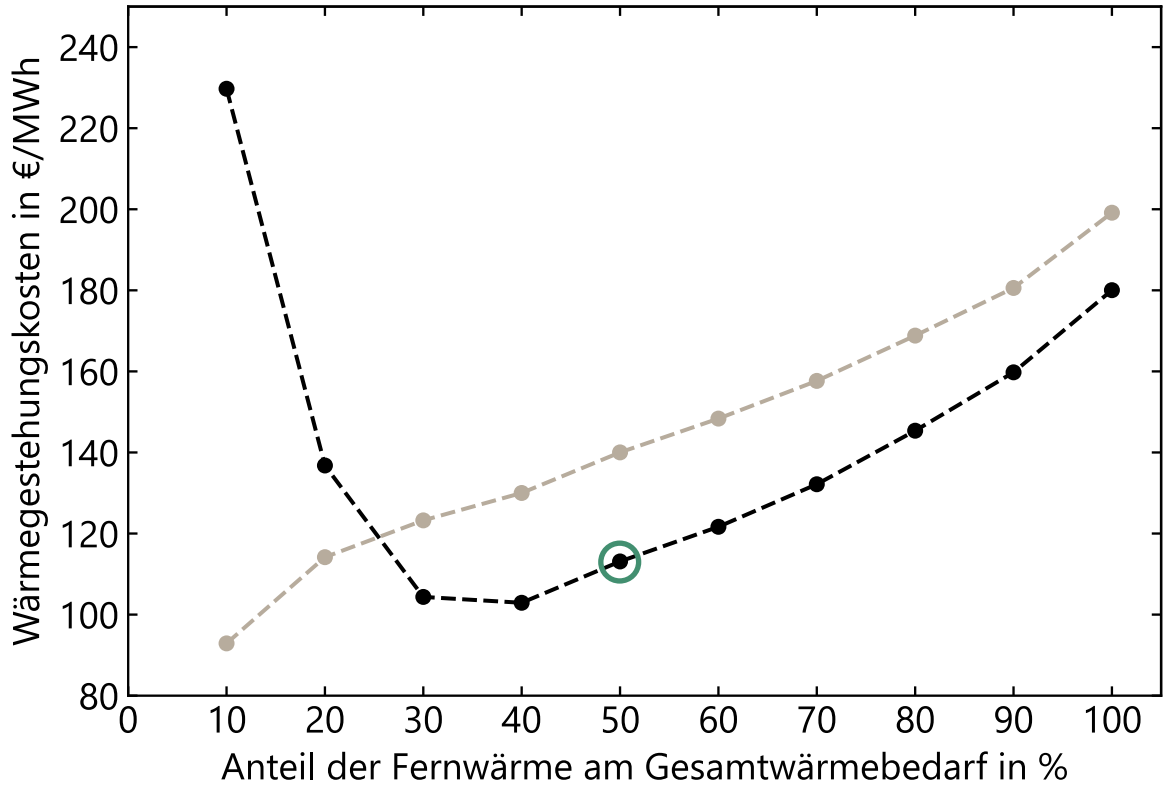
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

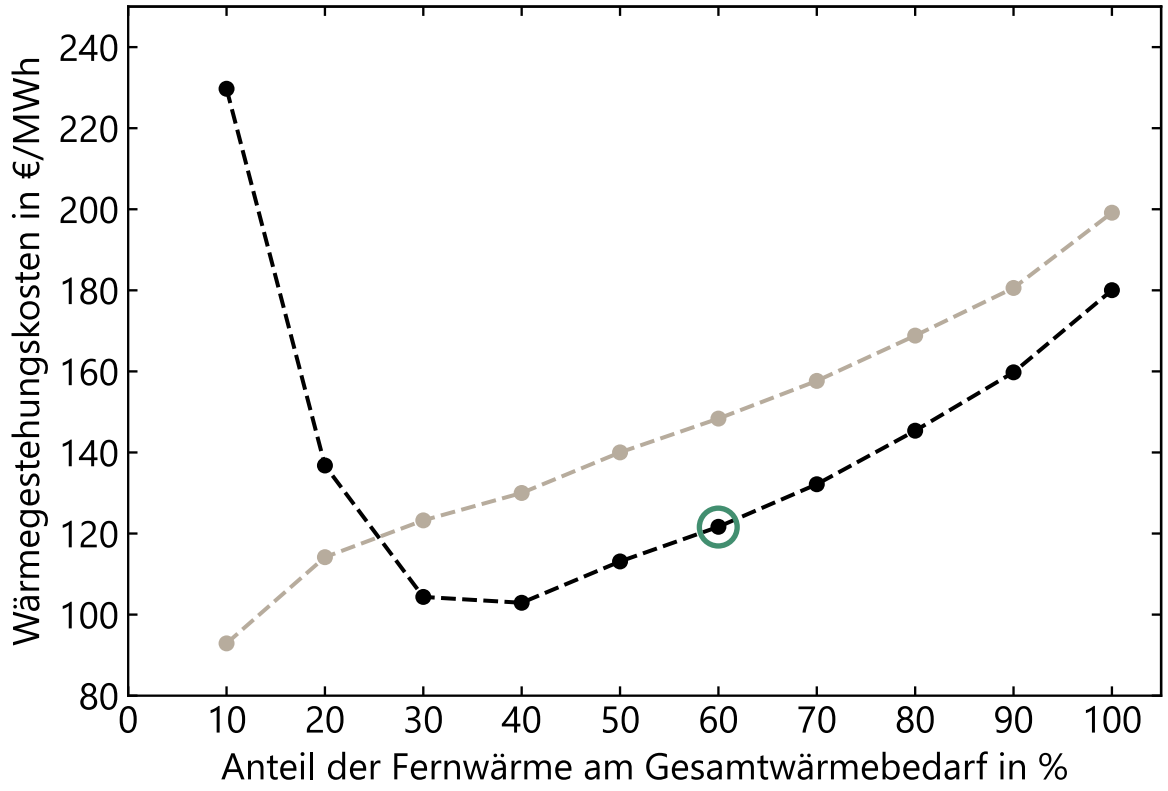
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

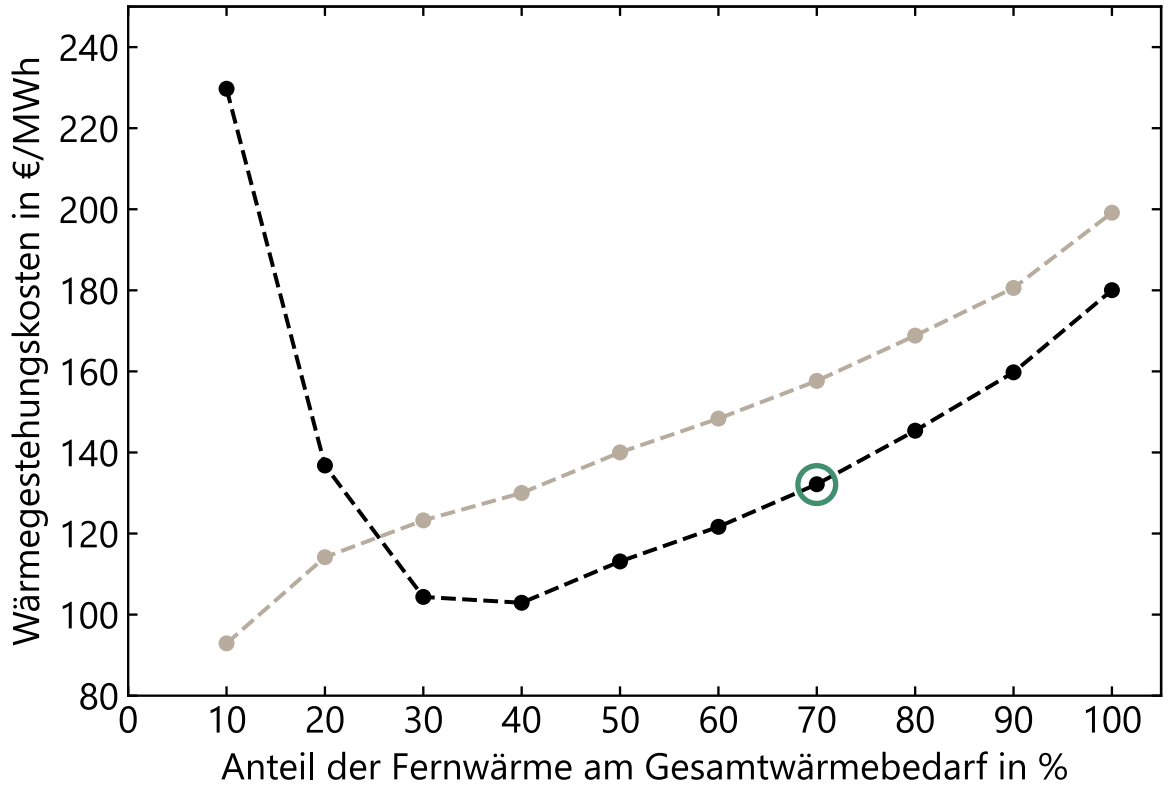
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

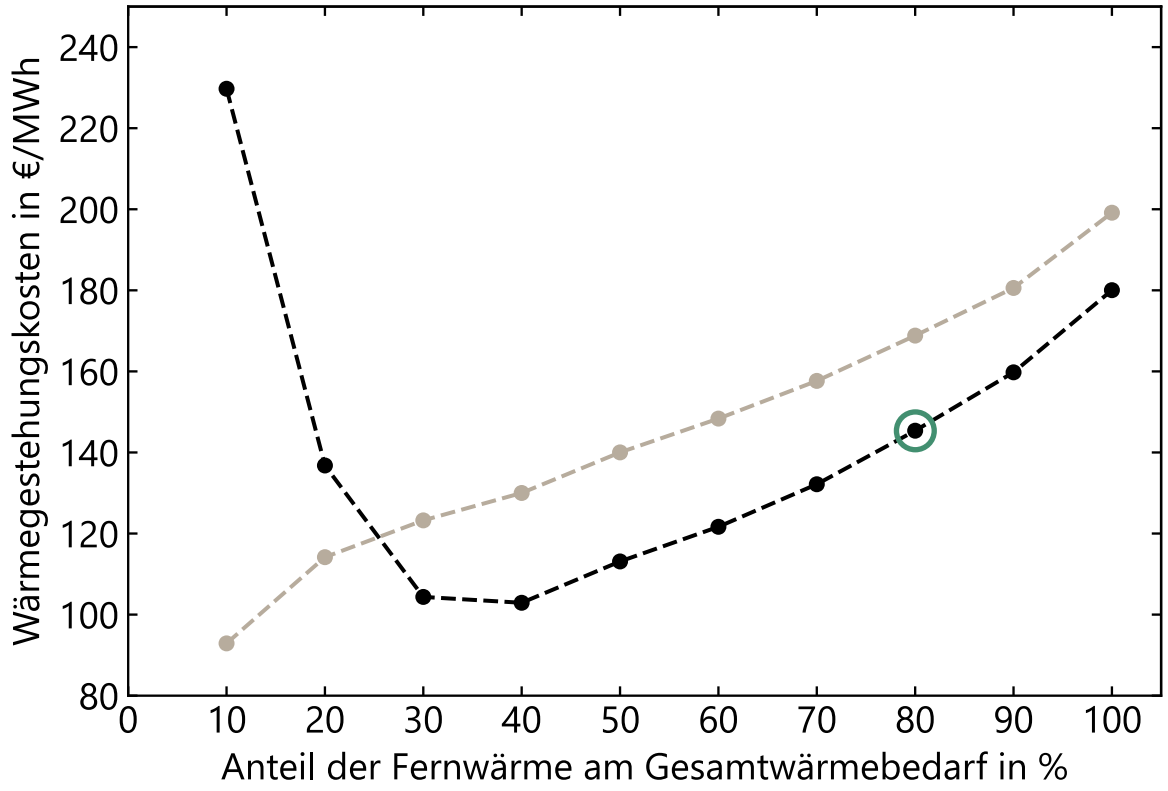
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

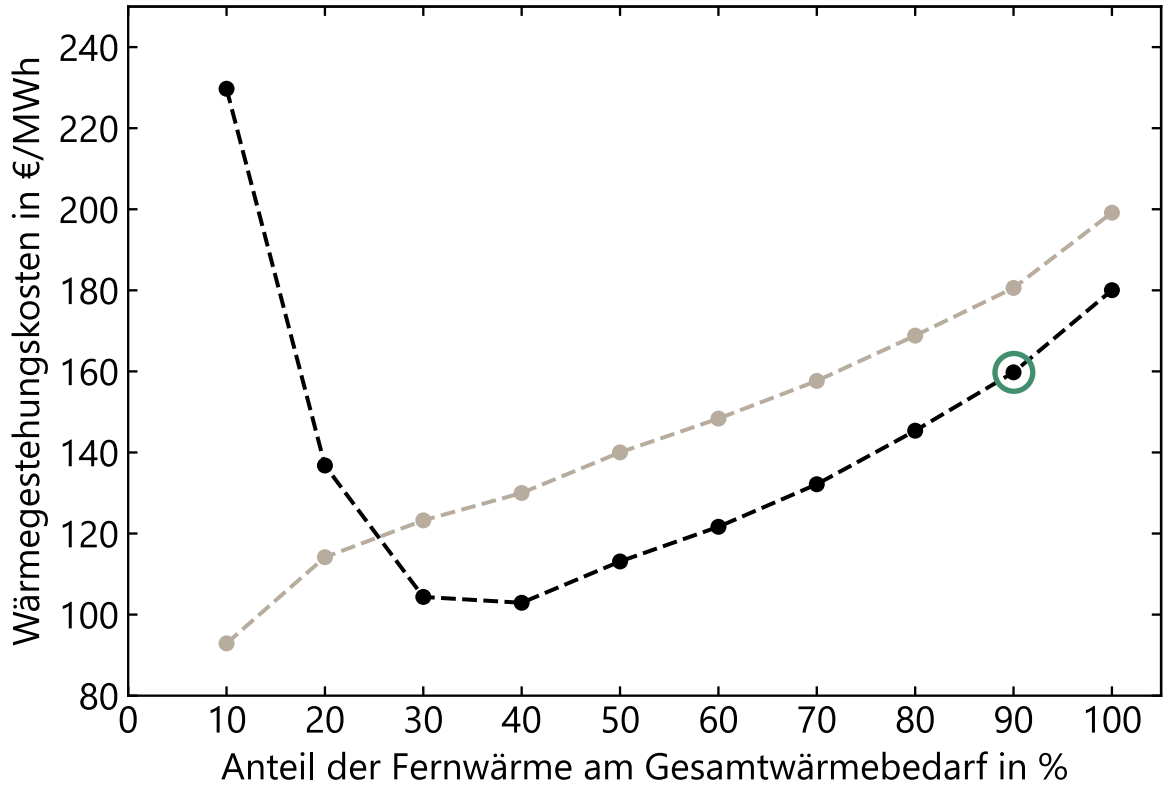
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

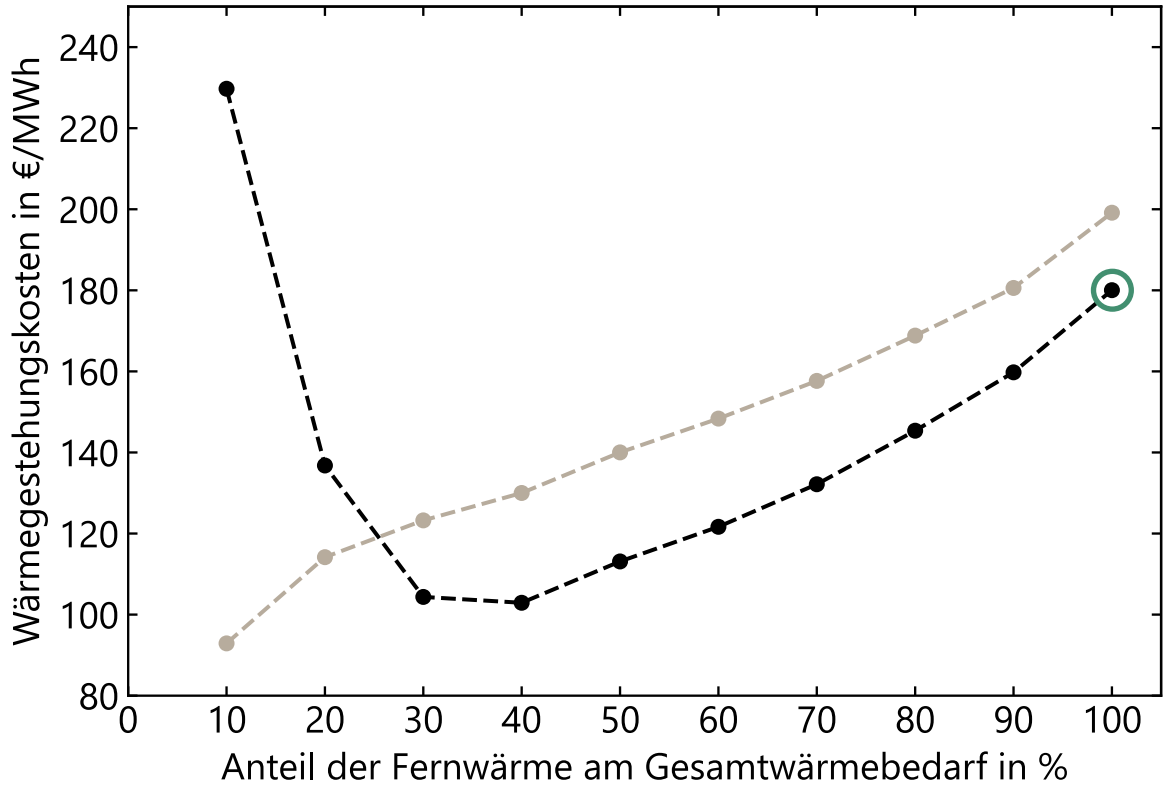
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, eine Dublette

Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

Beispielgebiet

- …
- potenzielle Wärmebereitstellungsanlagen

Biomasse Heizwerk
max. ca. 2.5 MW

Wärmepumpe (WP) Luft
unbegrenzt

WP Abwärme
max. 7 MW

WP Fluss
unbegrenzt

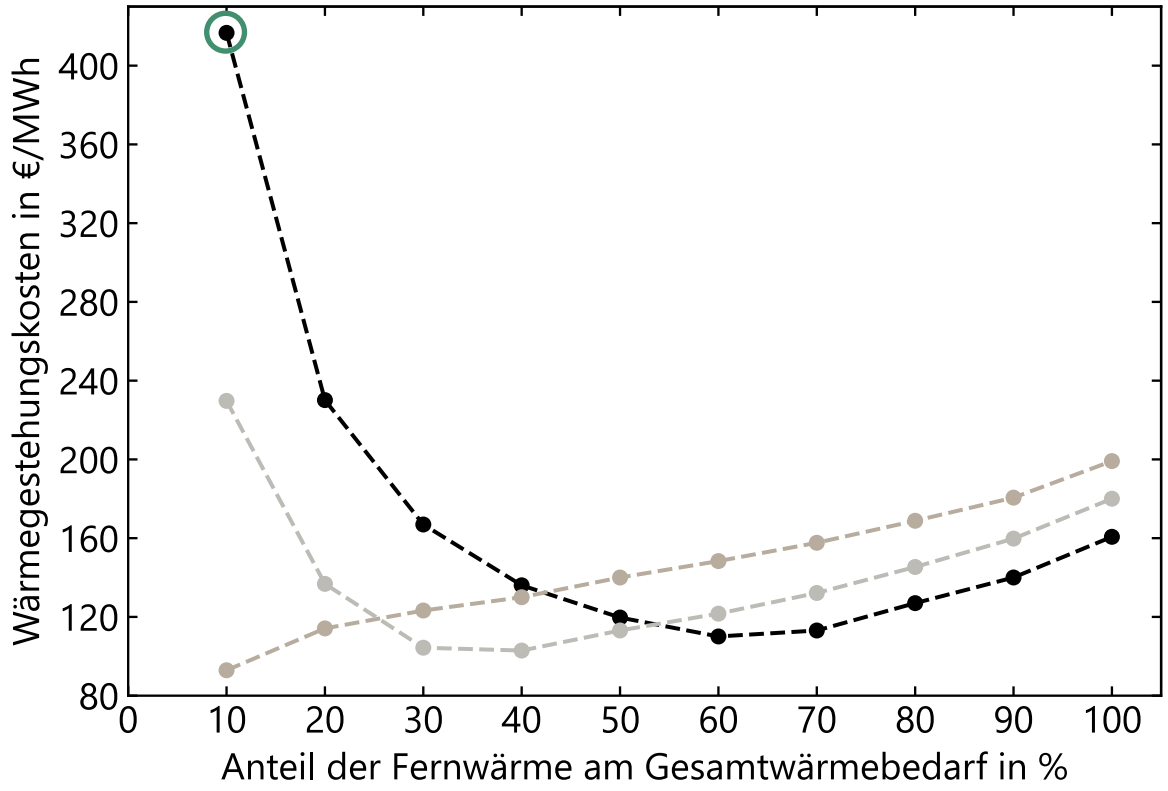
Hydrothermale Tiefengeothermie
ca. 15 MW

- …

Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

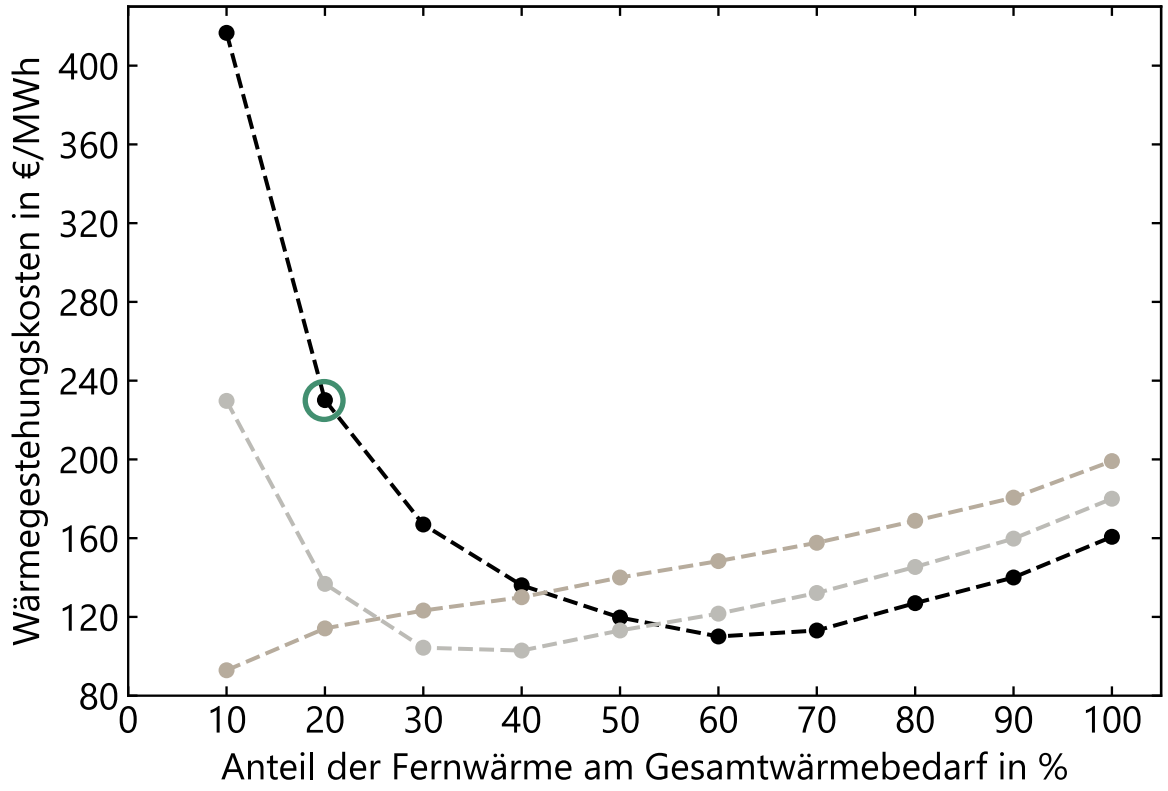
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

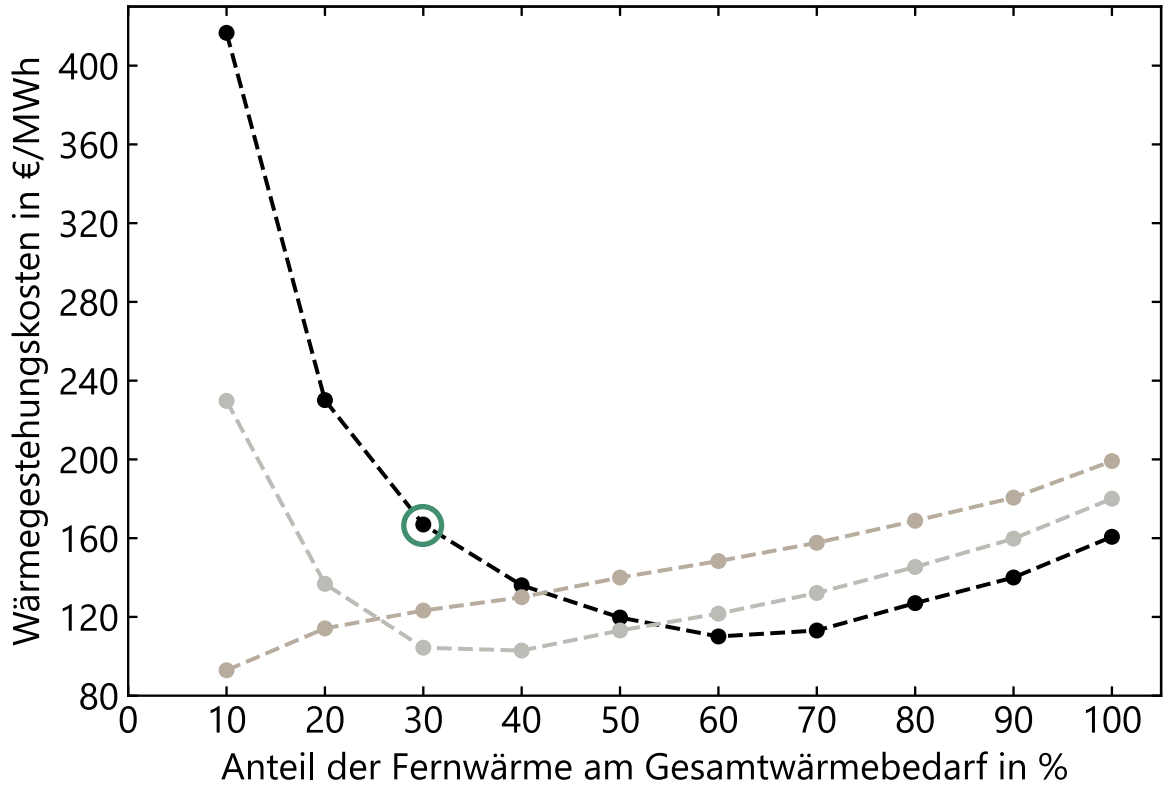
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

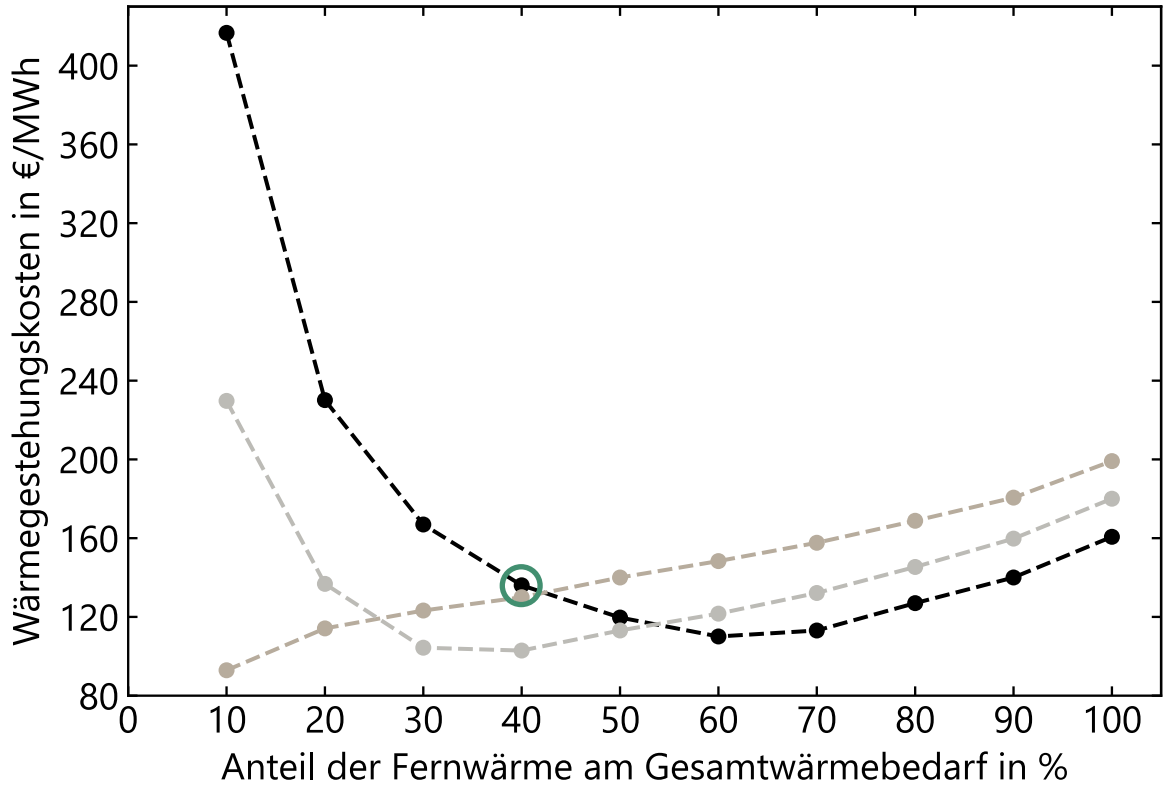
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

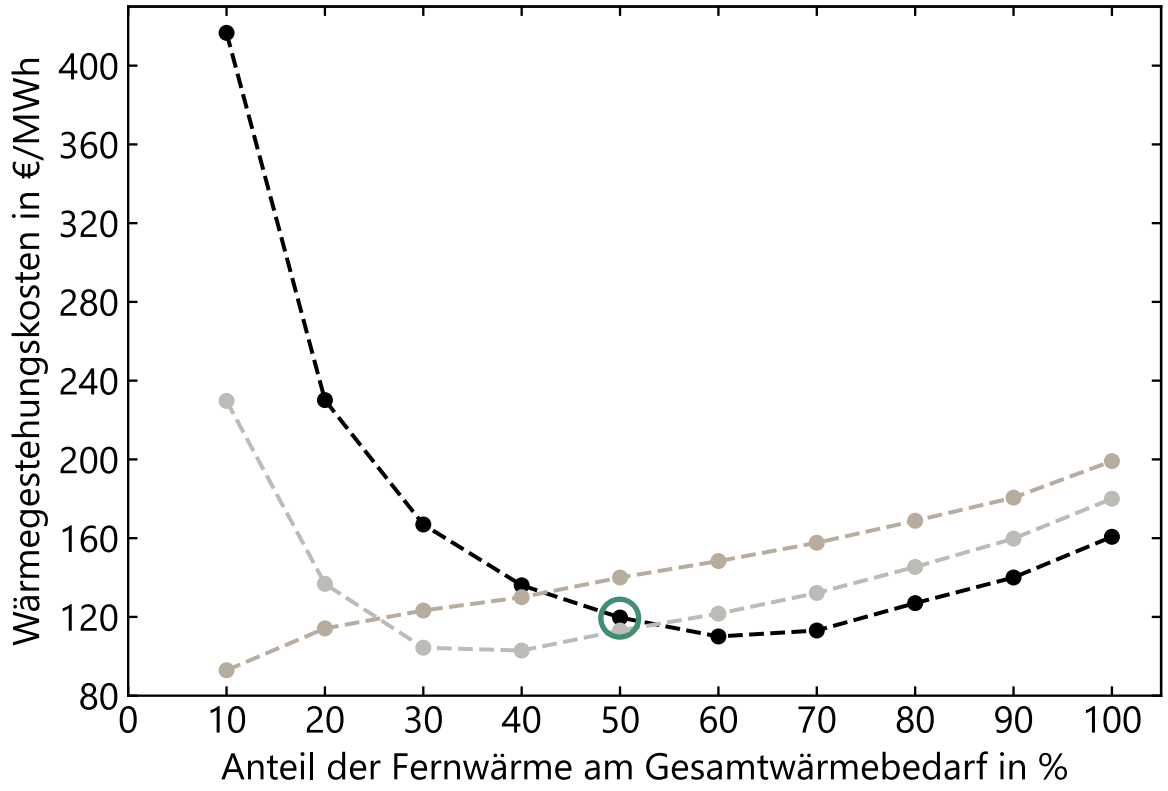
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

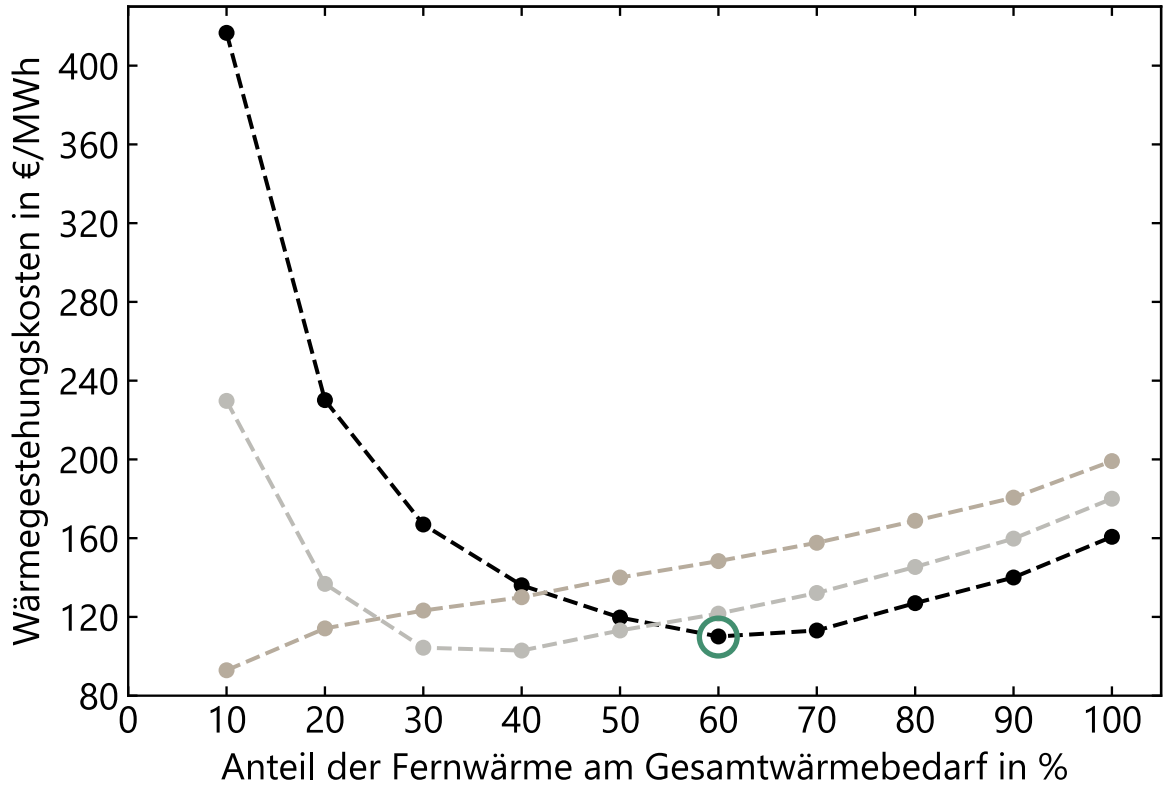
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

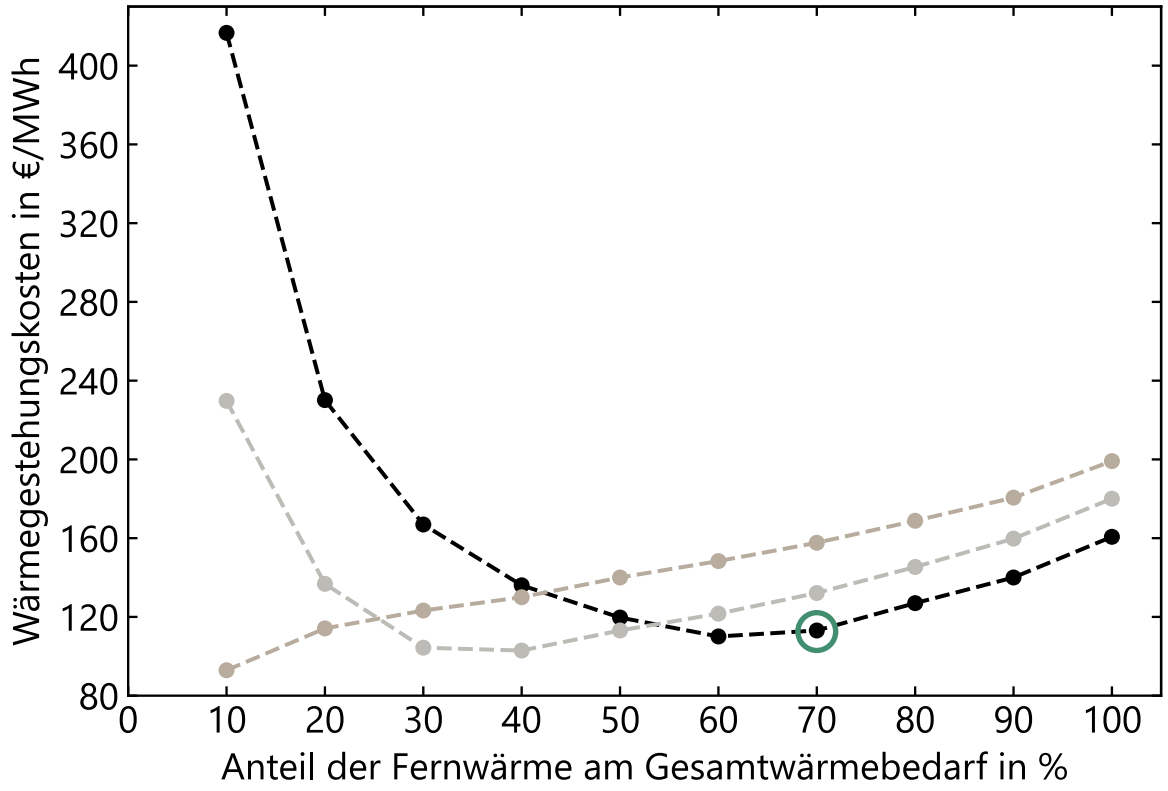
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

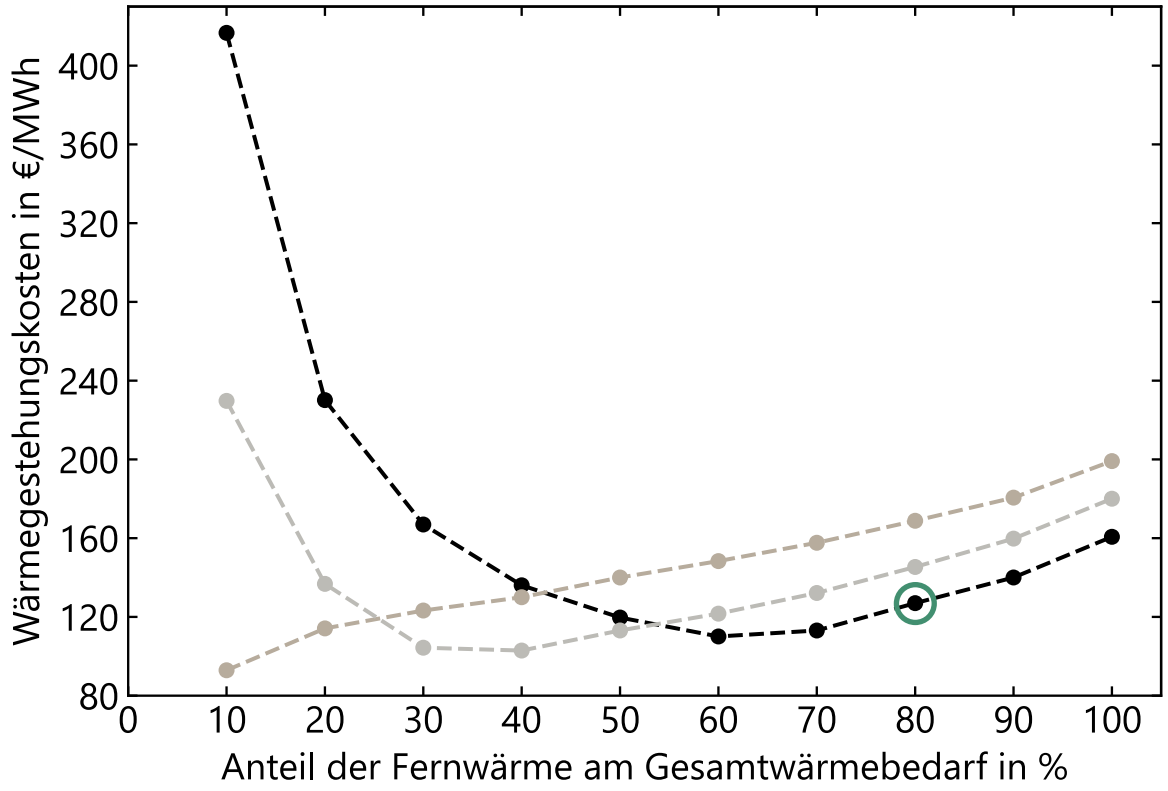
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

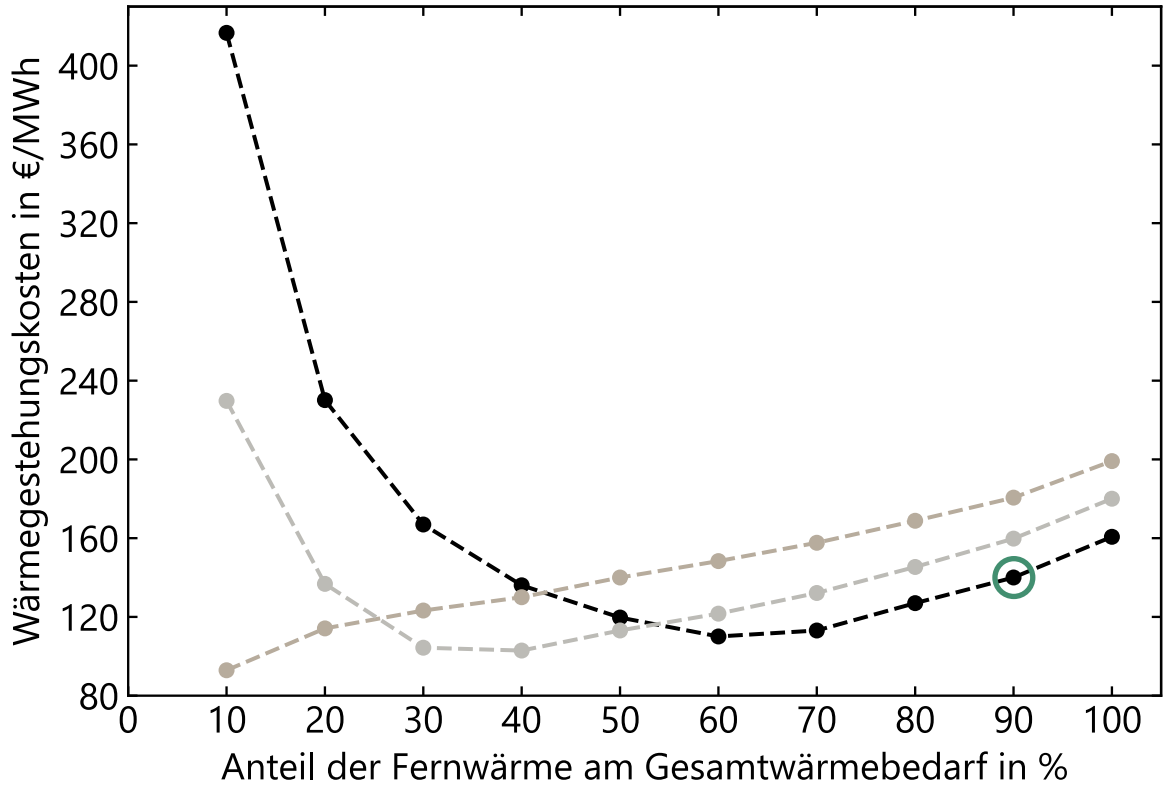
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

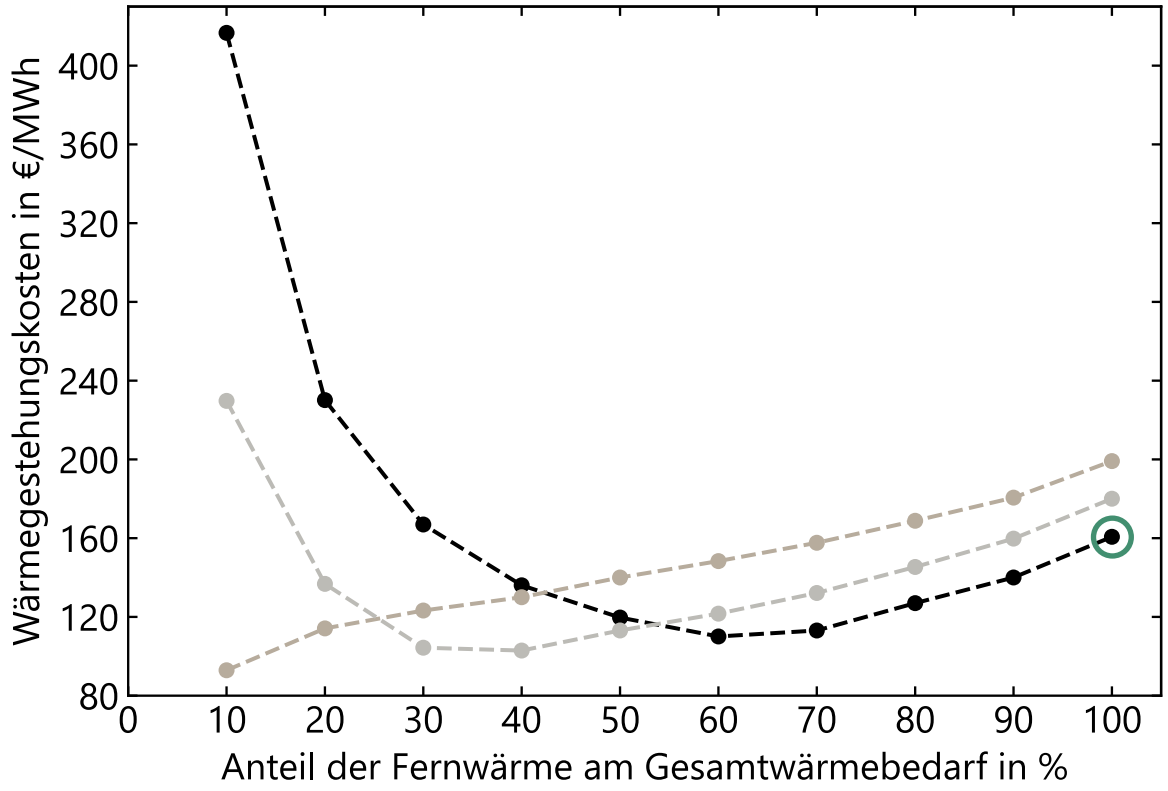
Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Neubau – hydrothermale Tiefengeothermie, zwei Dubletten

Wie verläuft das kostengünstigste Netz für einen FWN-Anteil von x-Prozent? Was kostet es?



Auslegung von Fernwärmenetzen

Erweiterung von Bestandsnetzen

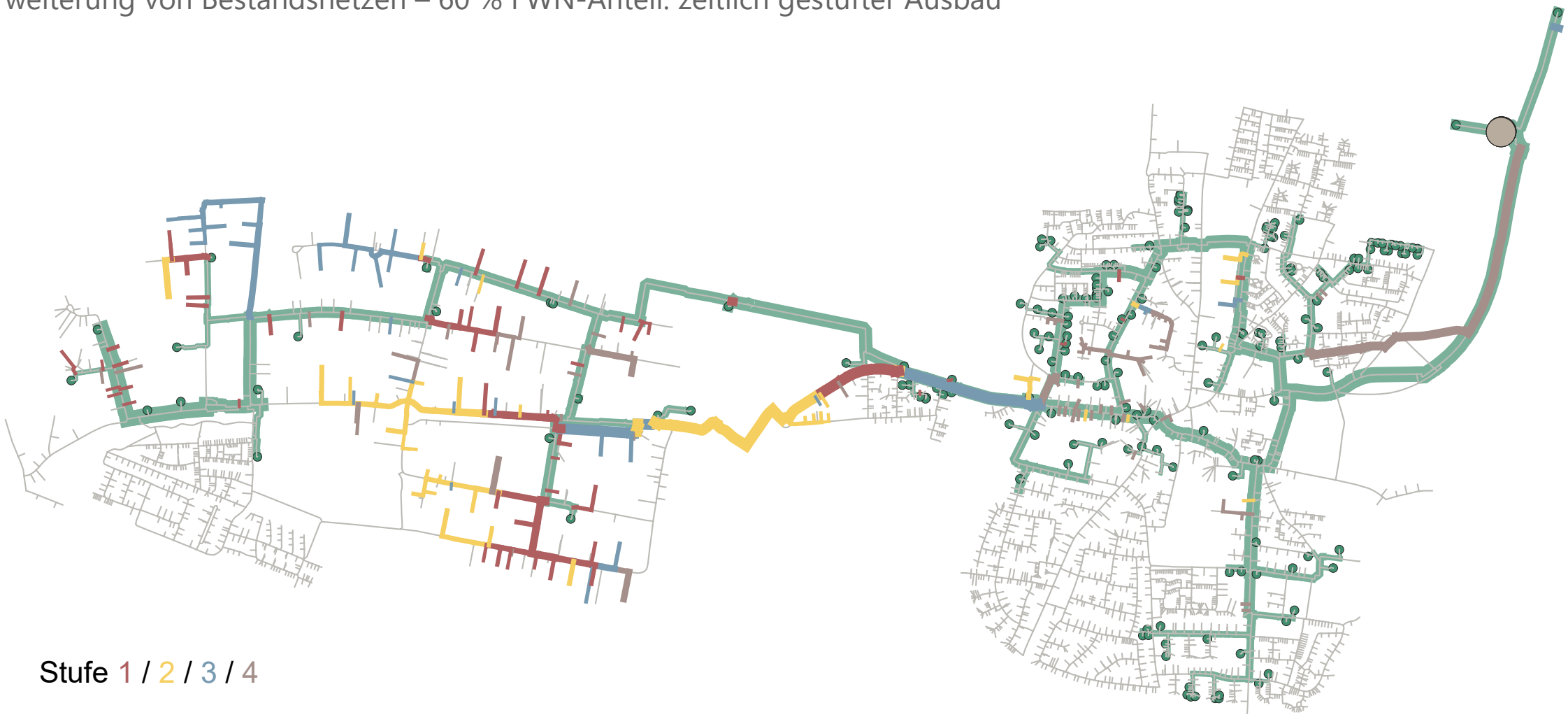
Auslegung von Fernwärmenetzen

Erweiterung von Bestandsnetzen – 60 % FWN-Anteil

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Auslegung von Fernwärmenetzen

Erweiterung von Bestandsnetzen – 60 % FWN-Anteil: zeitlich gestufter Ausbau



Stufe 1 / 2 / 3 / 4