

# Techno - ökonomische Analyse der Integration von flusswassergespeisten Großwärmepumpen in FW-Netzen

Veronika Wilk

Bernd Windholz

Michael Hartl

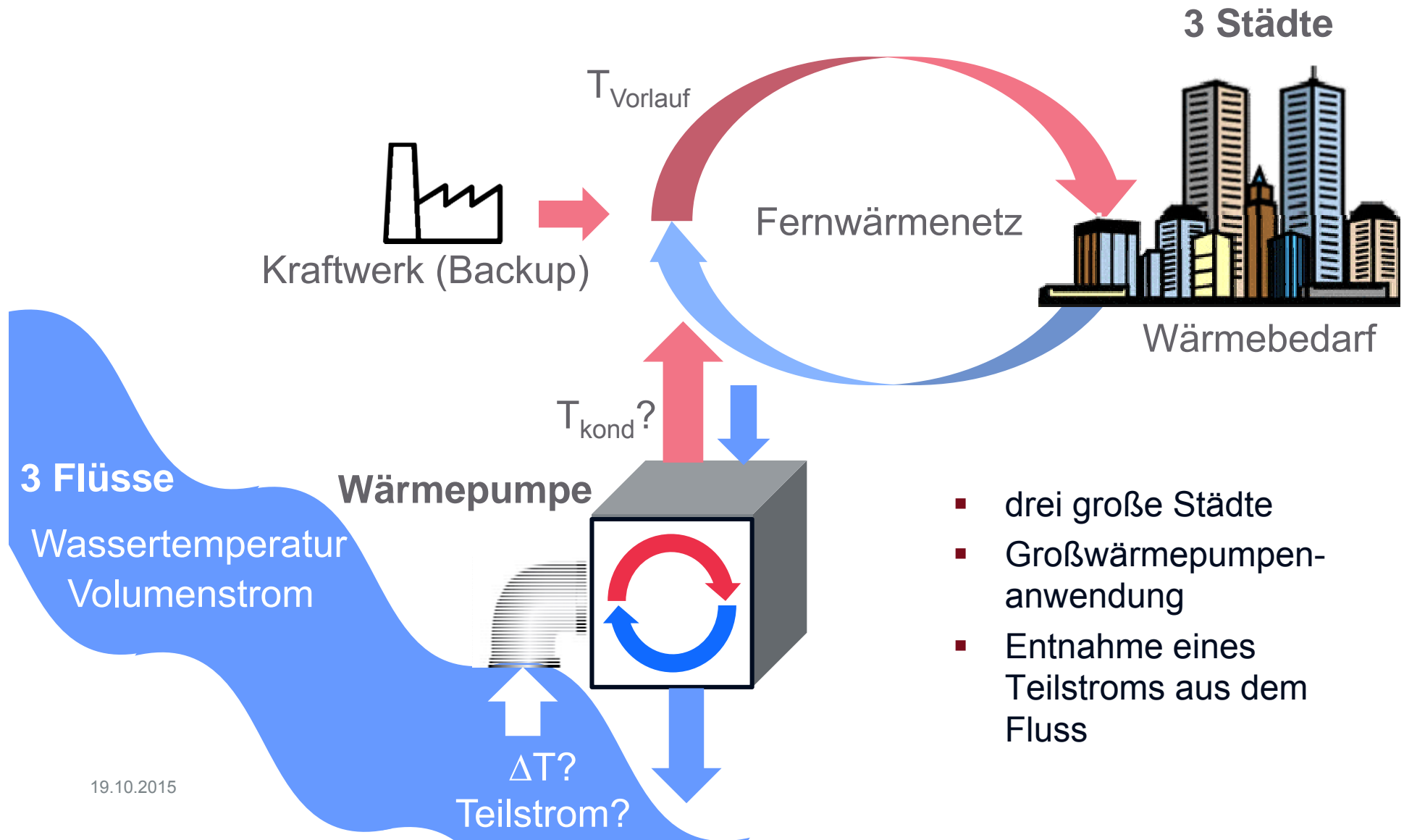
Thomas Fleckl

## Flusswasserwärmepumpen in Österreich

- Oberflächenwasser als Quelle für Umgebungswärme
- Meerwasser-Wärmepumpen in Drammen (Norwegen)

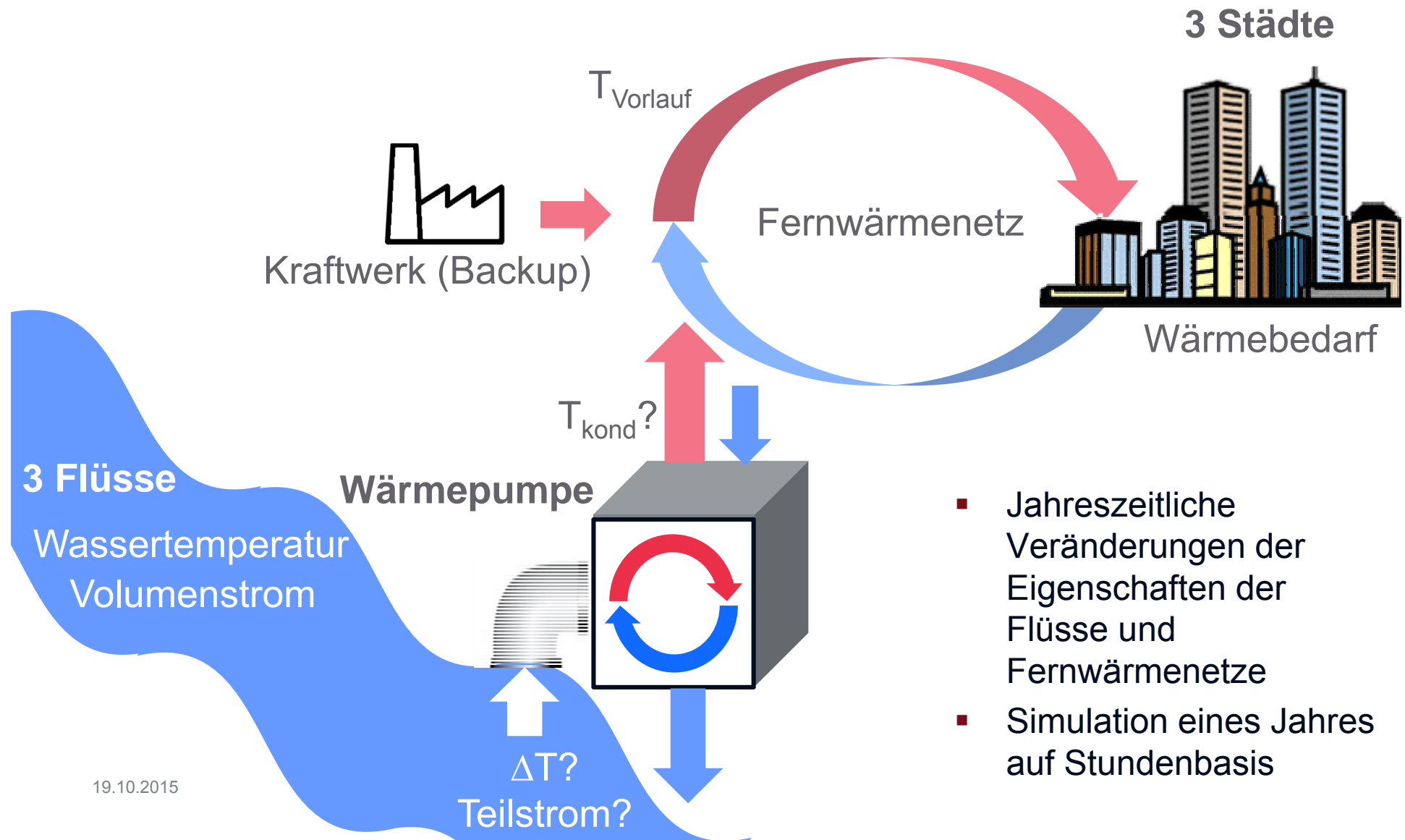


## Simulation: Rahmenbedingungen



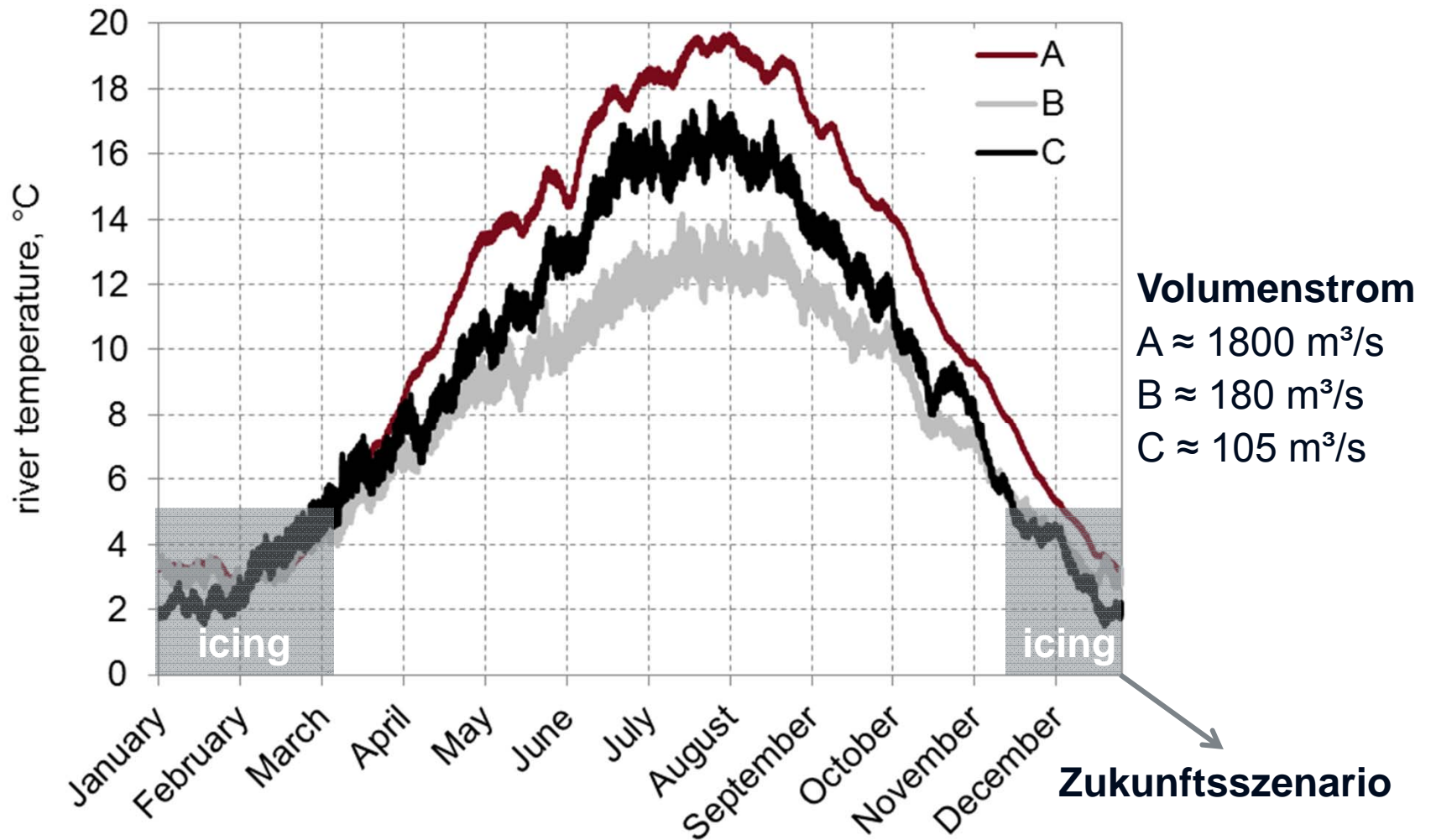
- drei große Städte
- Großwärmepumpen-anwendung
- Entnahme eines Teilstroms aus dem Fluss

# Simulation: Rahmenbedingungen

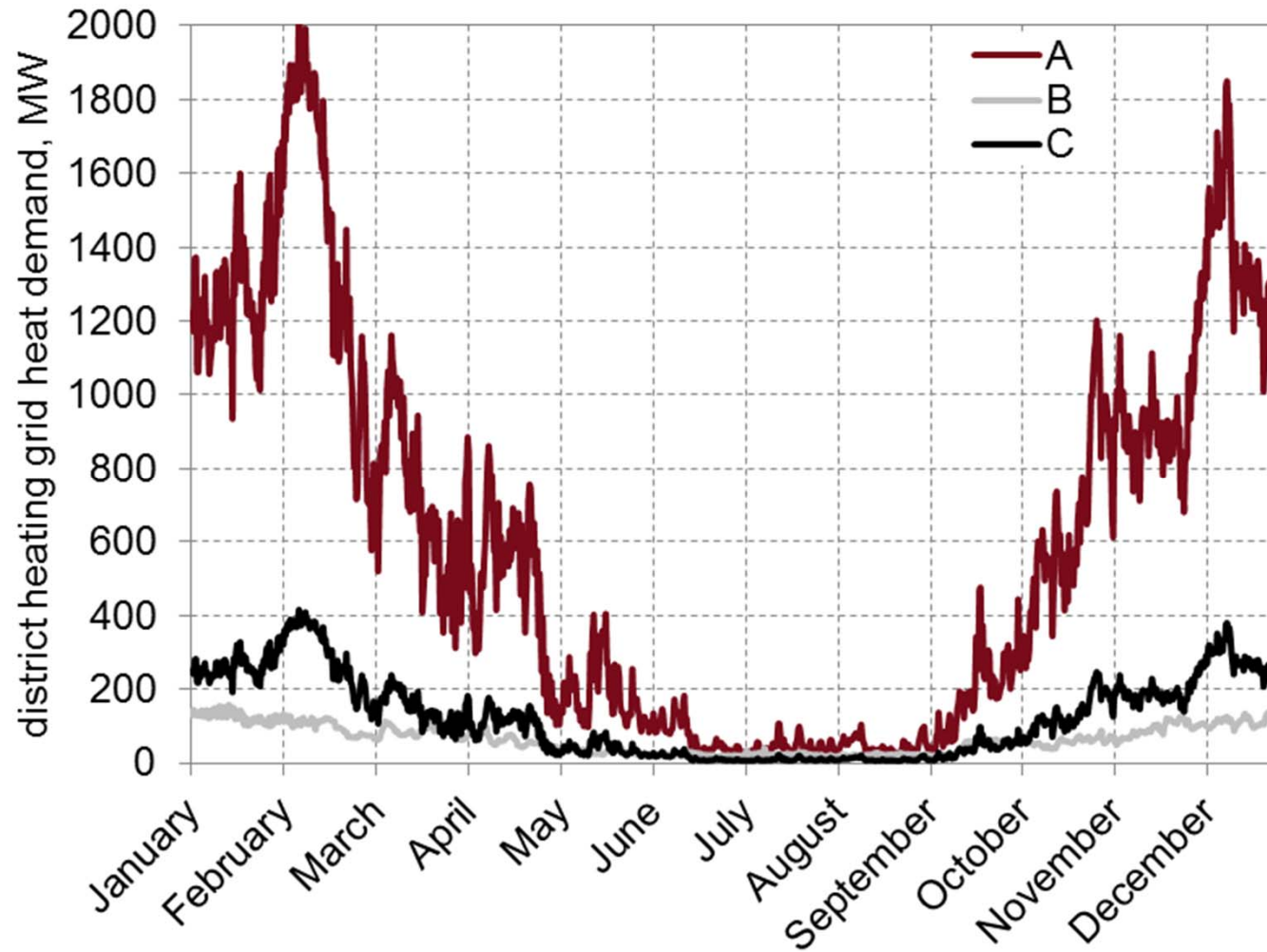


- Jahreszeitliche Veränderungen der Eigenschaften der Flüsse und Fernwärmenetze
- Simulation eines Jahres auf Stundenbasis

## Flusswasser als Wärmequelle: Temperatur

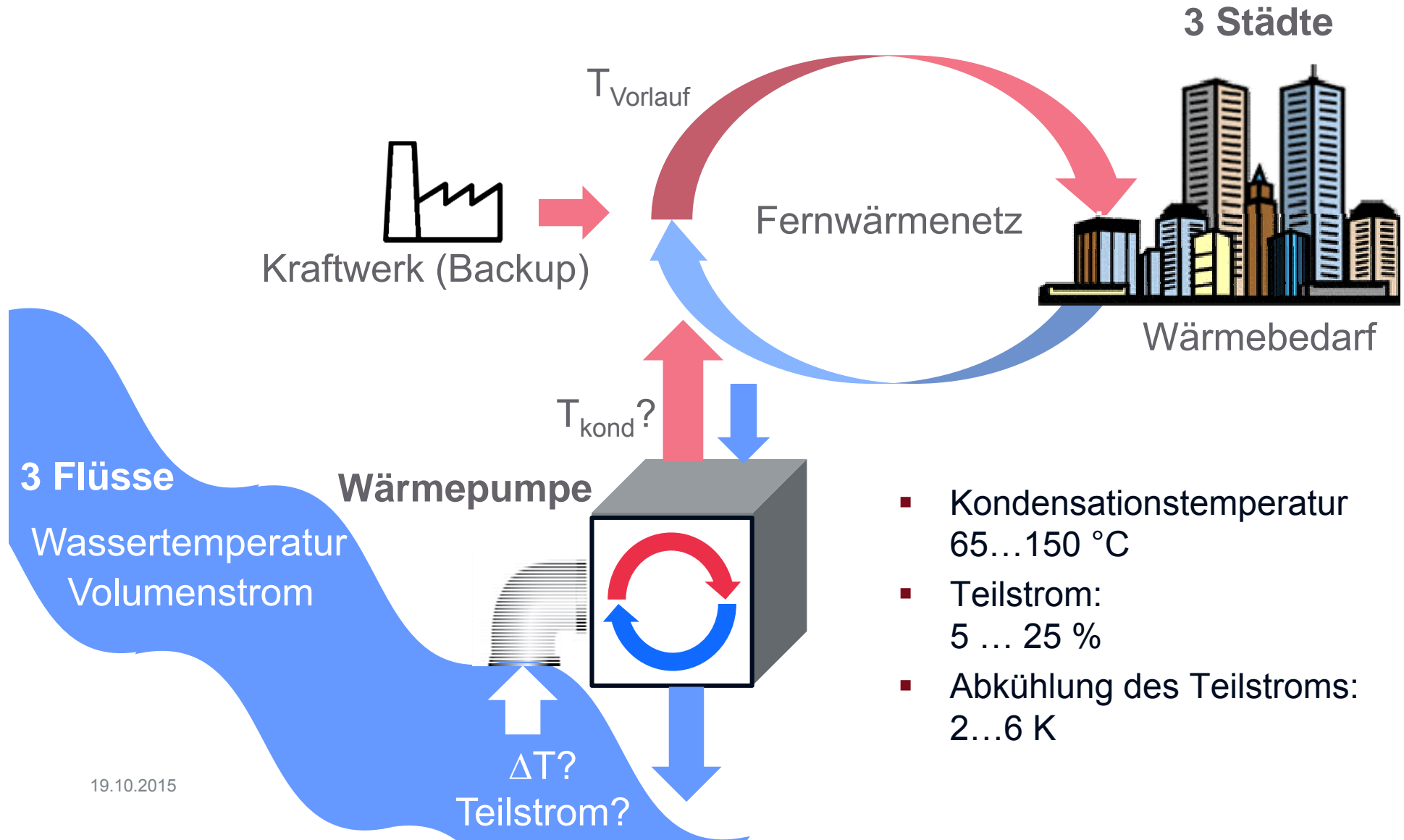


# Wärmebedarf der Fernwärmenetze



$T_{\max}$   
 A = 129 °C  
 B = 123 °C  
 C = 116 °C

# Simulation: Rahmenbedingungen



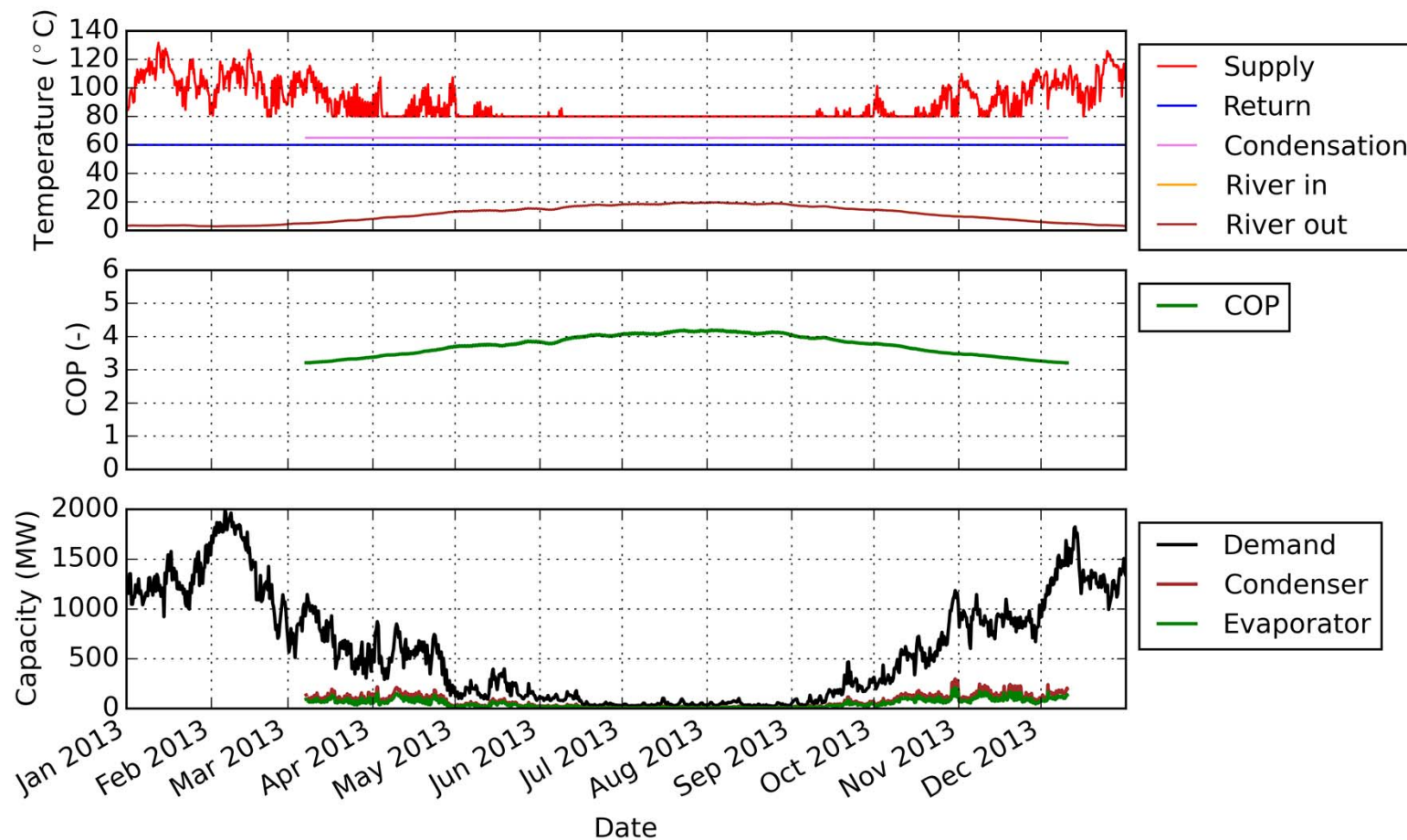
- Kondensationstemperatur  
65...150 °C
- Teilstrom:  
5 ... 25 %
- Abkühlung des Teilstroms:  
2...6 K

## Simulationsergebnisse

- >650 verschiedene Varianten zur Auslegung eines Wärmepumpensystems für Fernwärme  
(Kondensationstemperatur, Teilstrom und Abkühlung des Teilstroms)
- Welches ist das beste Szenario für die jeweilige Stadt?
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe



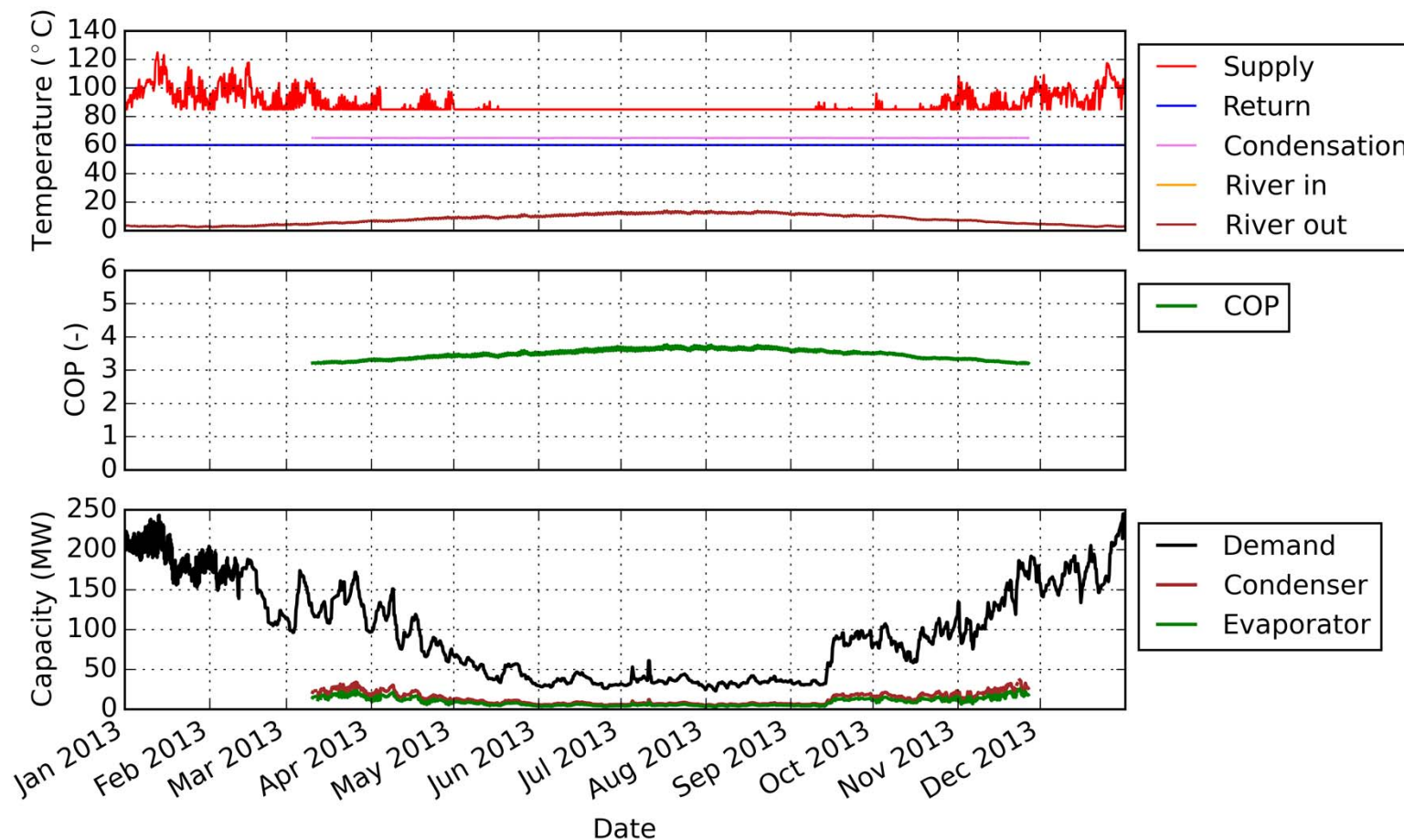
## Fluss A: Größte Jahresarbeitszahl (JAZ)



$T_{kond} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 2\text{-}6 \text{ K}$   
 Teilstrom = 5-25 %

JAZ = 3.44  
 457 GWh/a  
 9 % des Fernwärmebedarfs

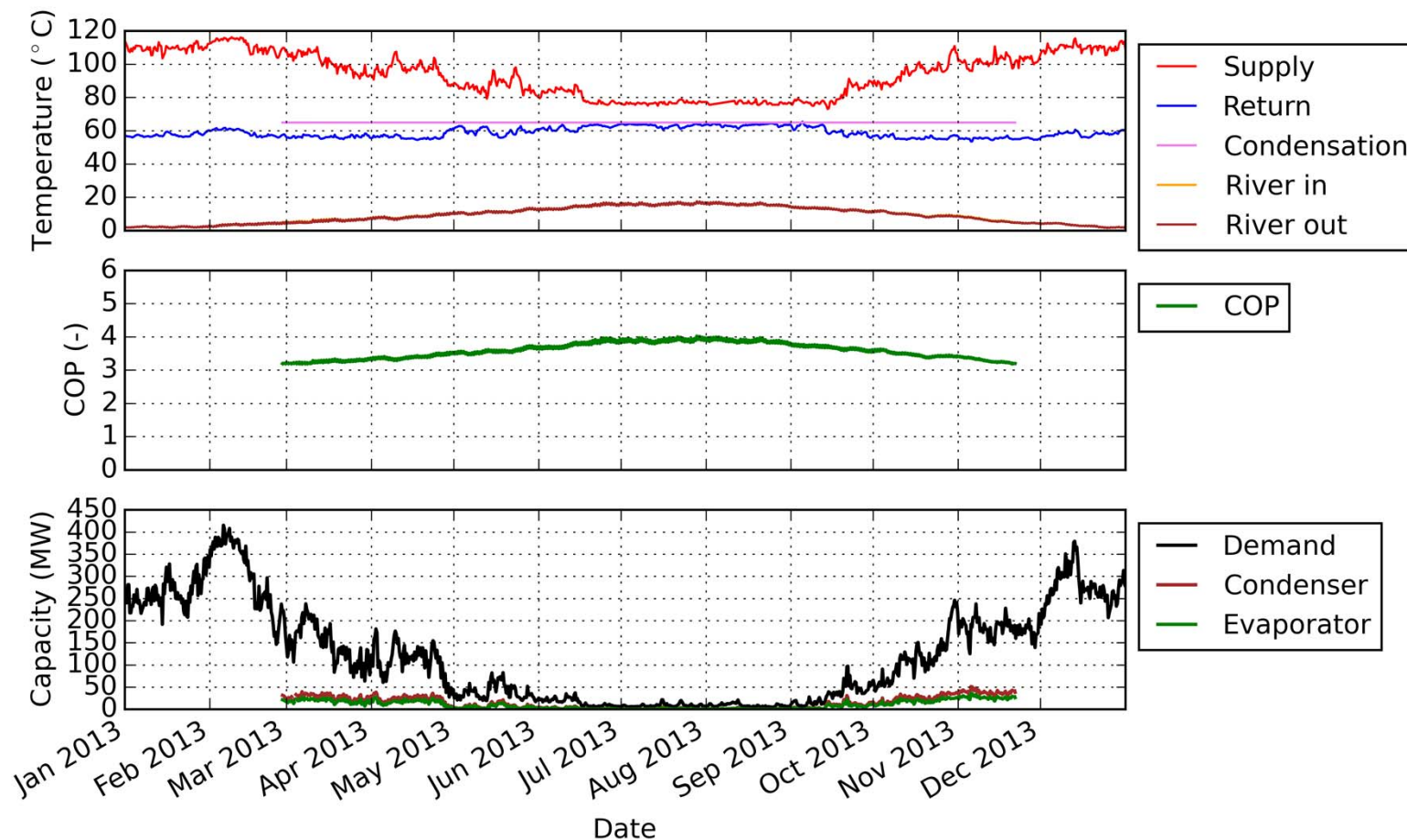
## Fluss B: Größte Jahresarbeitszahl (JAZ)



$T_{kond} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 2\text{-}6 \text{ K}$   
 Teilstrom = 5-25 %

JAZ = 3.35  
 81 GWh/a  
 9 % des Fernwärmebedarfs

## Fluss C: Größte Jahresarbeitszahl (JAZ)



$T_{kond} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T = 2\text{-}6 \text{ K}$

Teilstrom = 5-25 %

JAZ = 3.34

88 GWh/a

8 % des Fernwärmebedarfs

## Größte Jahresarbeitszahl

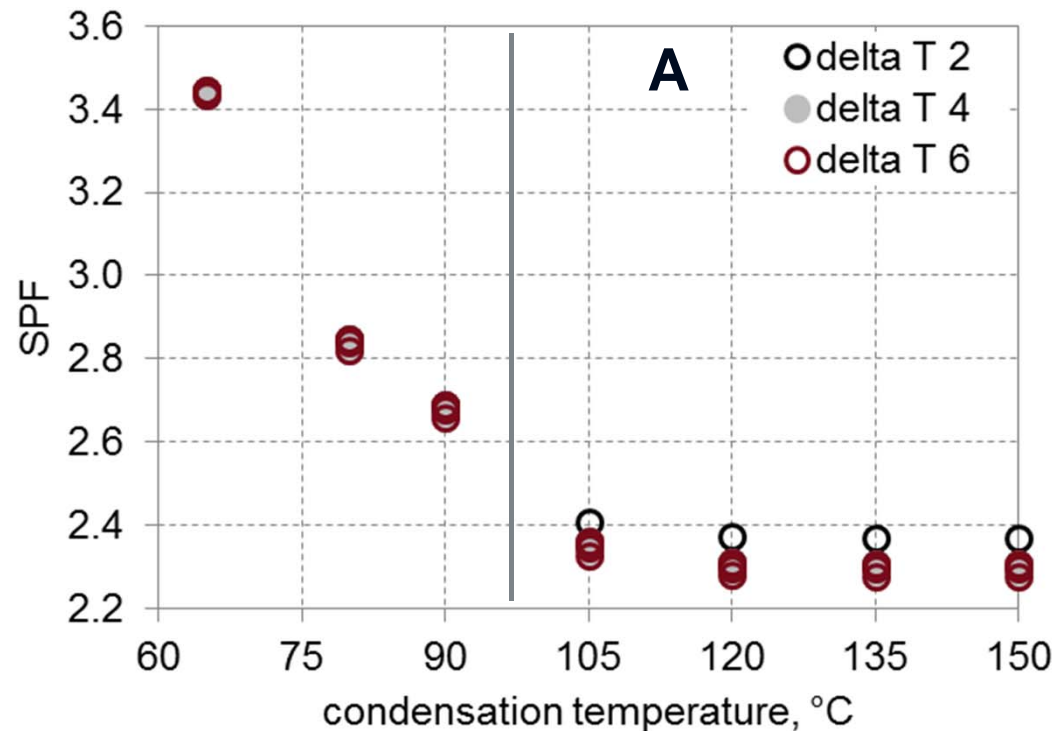
- Effizientester Betrieb der Wärmepumpe
- Beitrag zur Grundlast
- Kondensationstemperatur von 65 °C ausreichend
- Stand-der-Technik Szenario
- Kein Betrieb im Winter wegen Vereisung am Verdampfer

### Wertebereich JAZ

A: 2.3 – 3.4

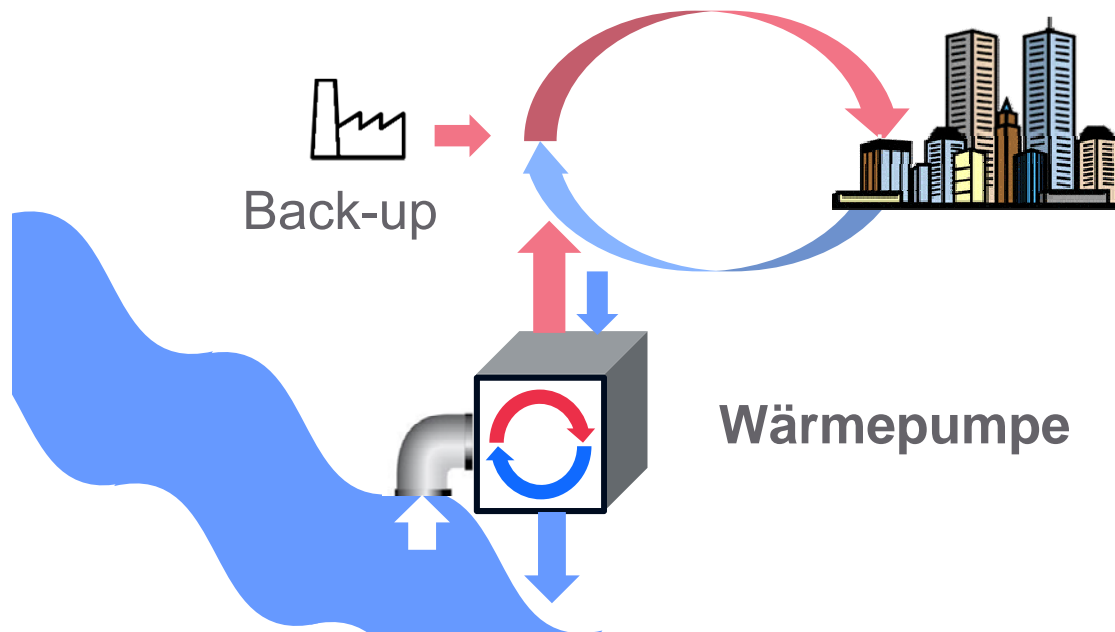
B: 2.4 – 3.4

C: 2.2 – 3.3



## Bewertung der Simulationsergebnisse

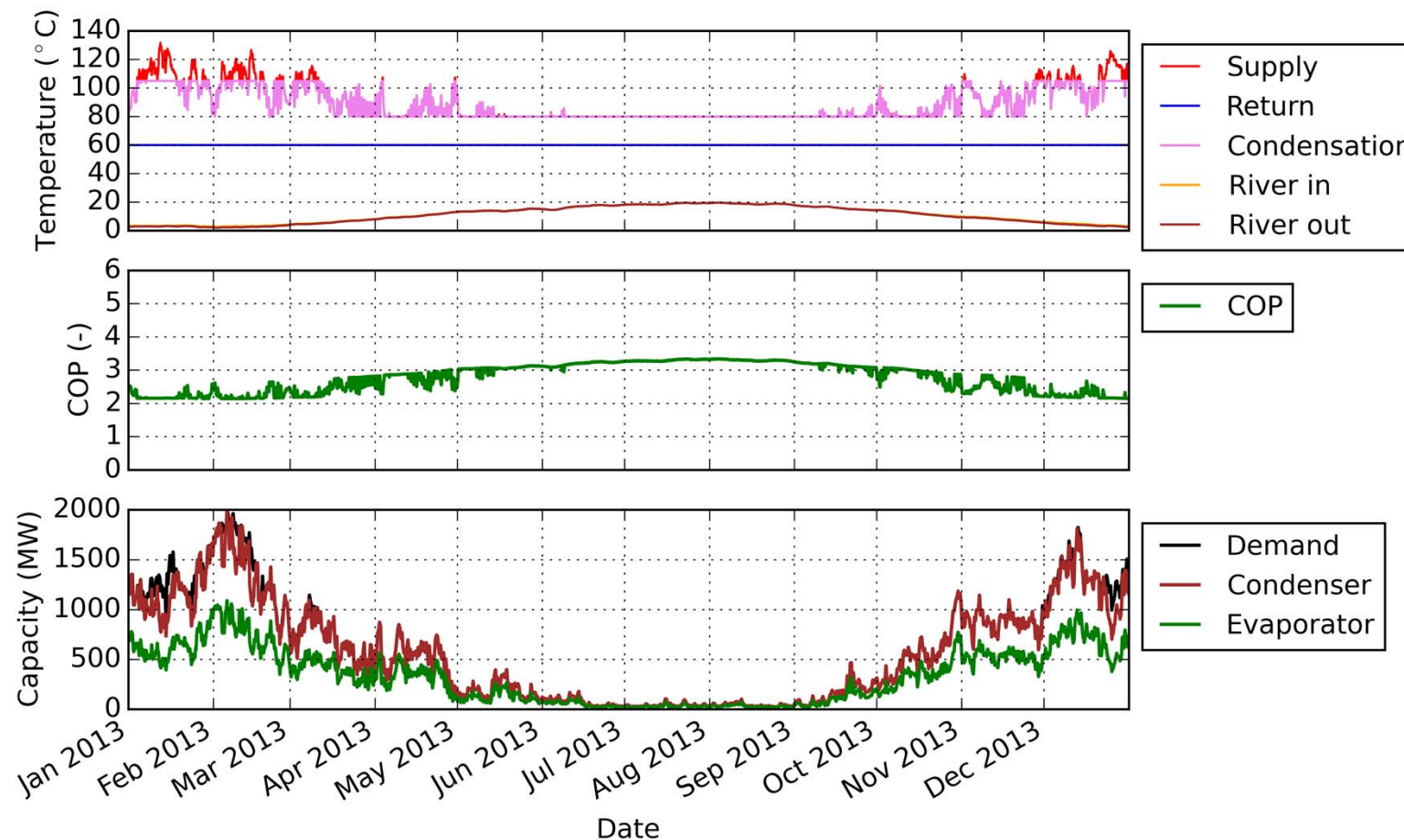
- Vergleich mit dem Backup-System
  - Gaskessel
  - Elektrodenkessel
- Umweltaspekte
  - CO<sub>2</sub> Emission
- Wirtschaftlichkeit
  - Investitions- und Betriebskosten



## Größte Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen

- CO<sub>2</sub> Emissions nach EN15601 berechnet
  - Erdgas: 277 g/kWh
  - Strom: 617 g/kWh (Europäischer Strom-Mix)
- JAZ > 2.2 nötig um CO<sub>2</sub> Emissionen zu verringern

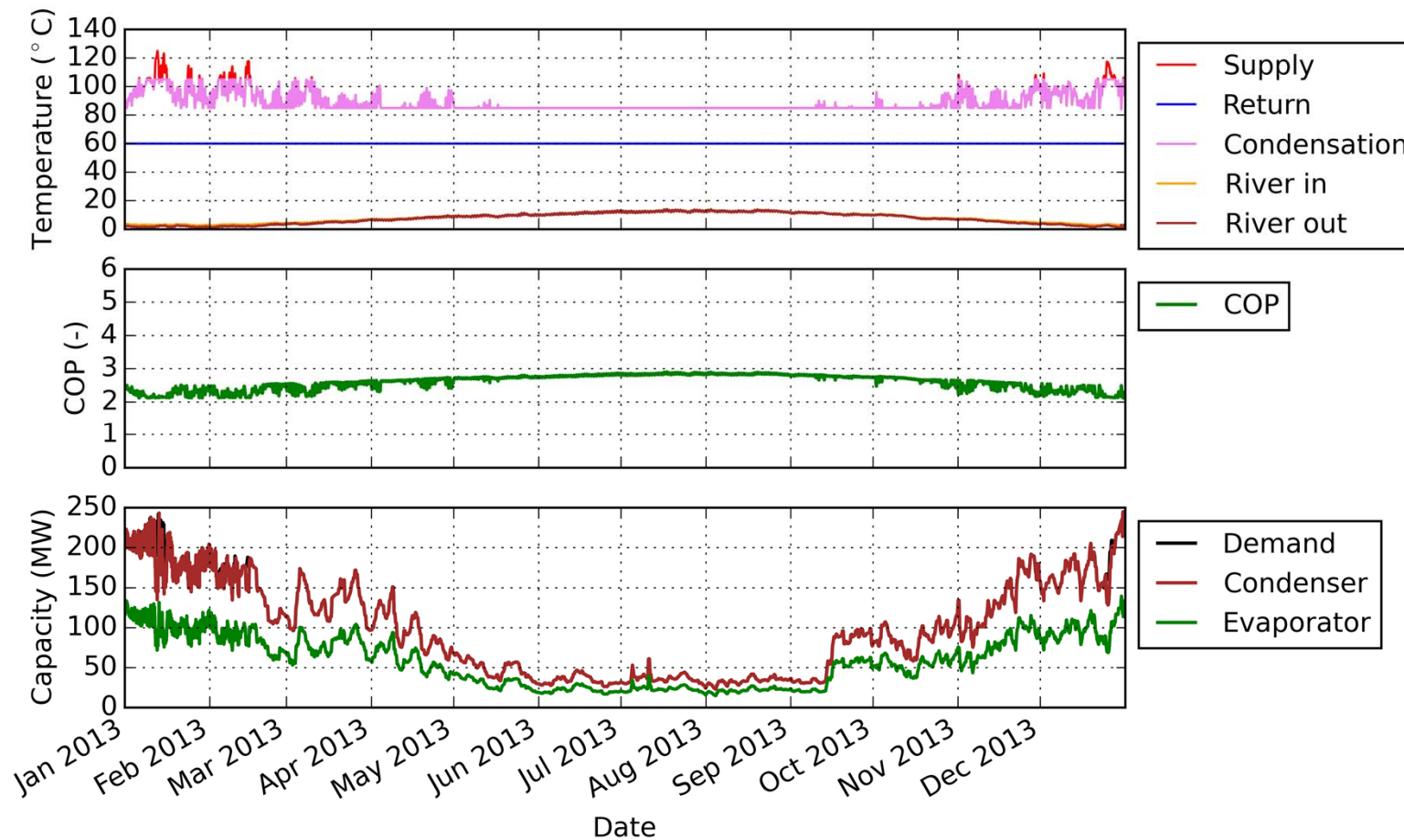
## Fluss A: Größte Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen



$T_{kond} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 2\text{-}6 \text{ K}$   
 Teilstrom = 25 %

$JAZ = 2.36$   
 5002 GWh/a  
 96 % des Fernwärmebedarfs

## Fluss B: Größte Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen

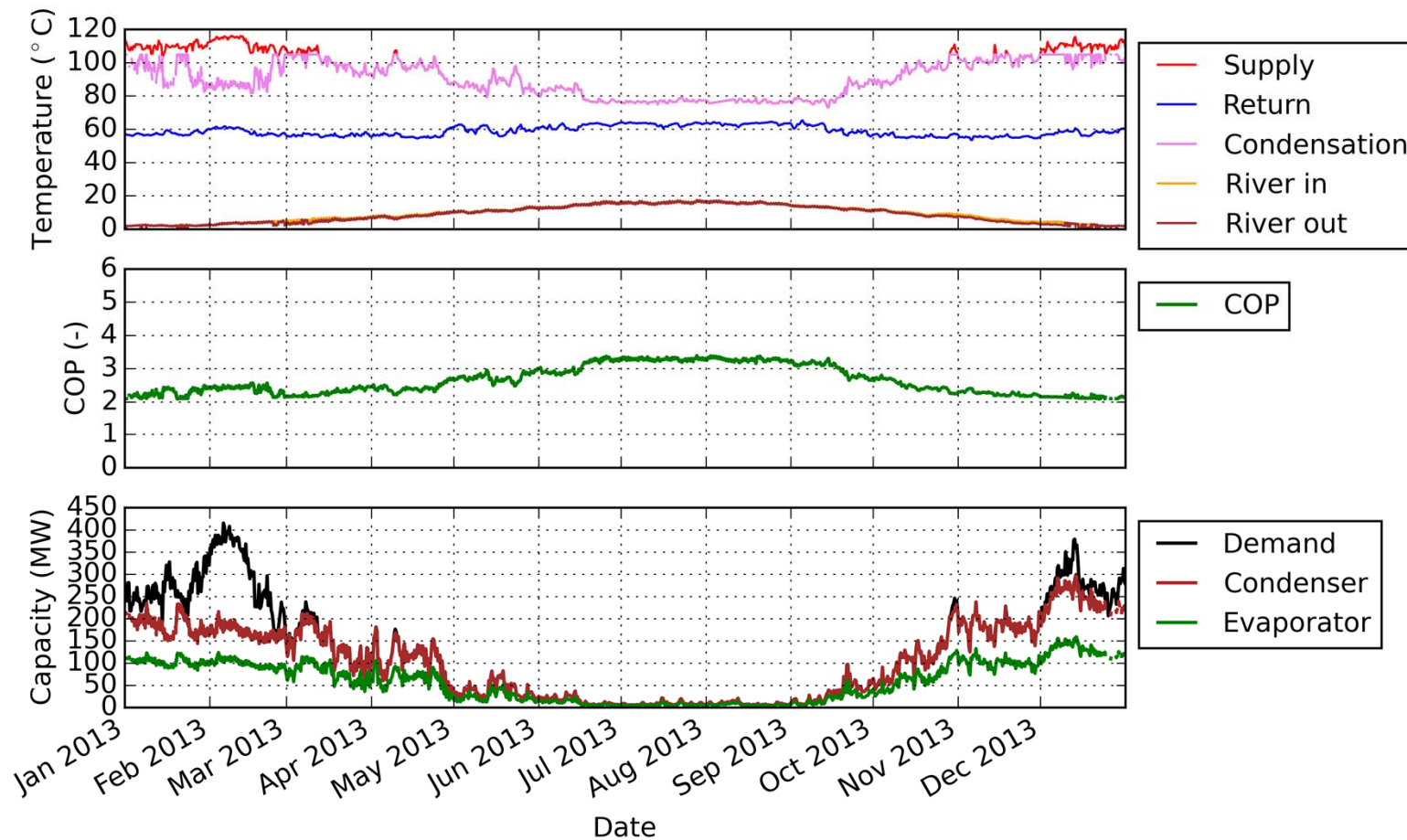


$T_{kond} = 105 \text{ °C}$   
 $\Delta T = 4\text{-}6 \text{ K}$   
 Teilstrom = 25 %

$JAZ = 2.41$   
 860 GWh/a  
 99 % des Fernwärmebedarfs



## Fluss C: Größte Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen



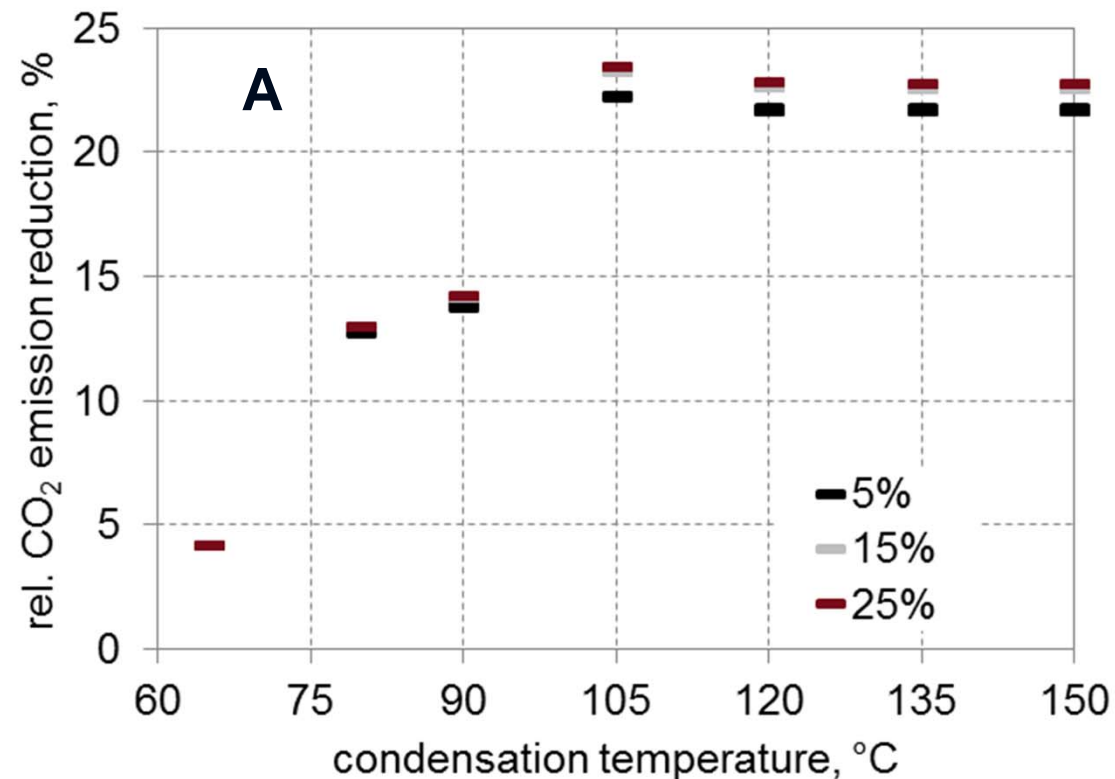
$T_{kond} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 2 \text{ K}$   
 Teilstrom = 25 %

$JAZ = 2.28$   
 834 GWh/a  
 77 % des Fernwärmebedarfs

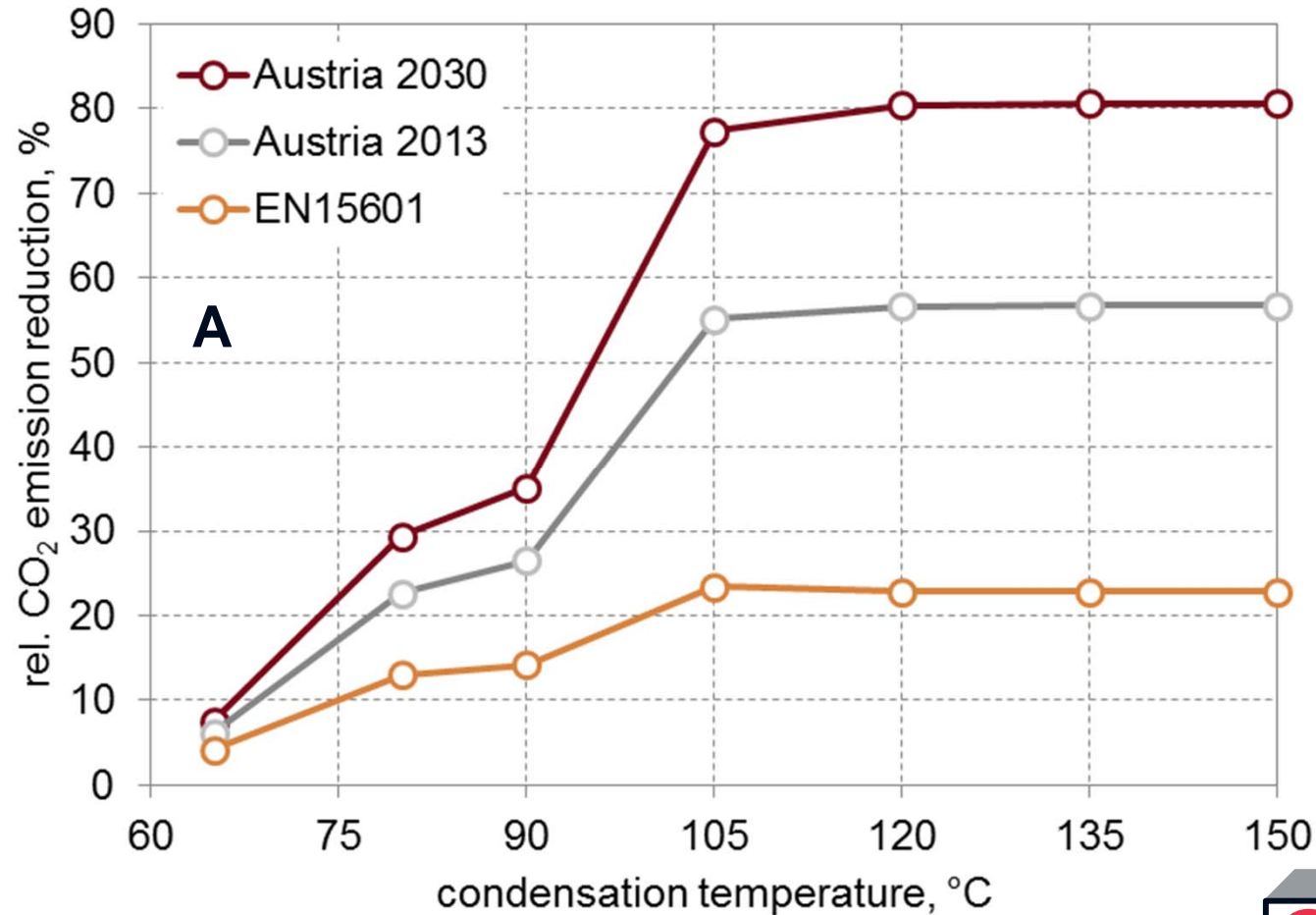
# Größte Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen

## Gaskessel

- Alle Szenarien führen zu einer CO<sub>2</sub> Emissionseinsparung
- Maximum bei  $T_{\text{kond}} = 105 \text{ °C}$  in allen Städten
- $T_{\text{kond}} > 105 \text{ °C}$ : CO<sub>2</sub> Emissionseinsparung nimmt etwas ab wegen geringerer JAZ

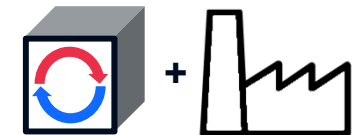


## Vergleich verschiedener CO<sub>2</sub> Faktoren



Austria 2013: Gas = 225 g/kWh, Strom = 281 g/kWh (ref: Gemis)

Austria 2030: Gas = 225 g/kWh, Strom = 126 g/kWh (ref: EU Energy trends 2050)

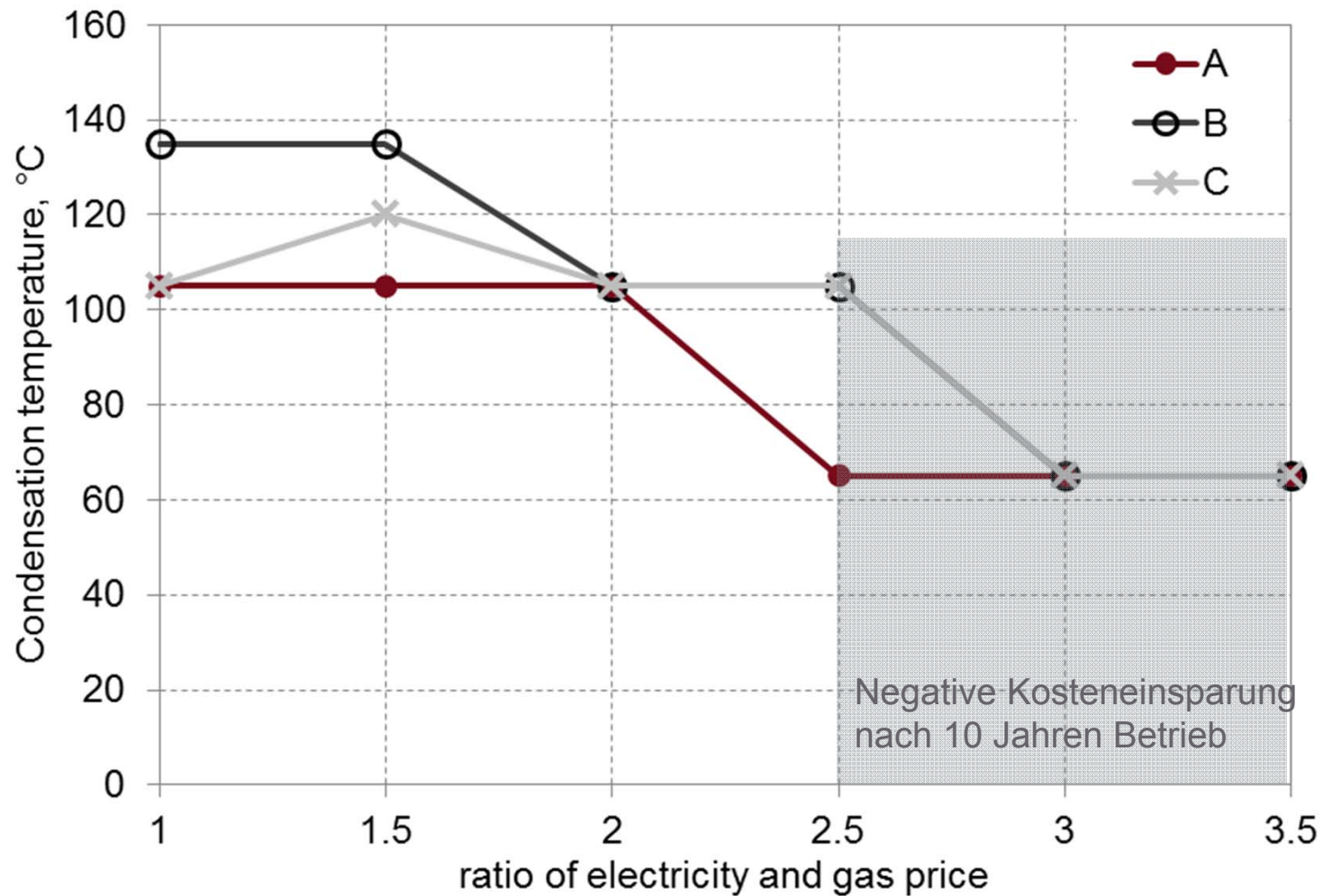


# Wirtschaftlichkeit

## Gaskessel

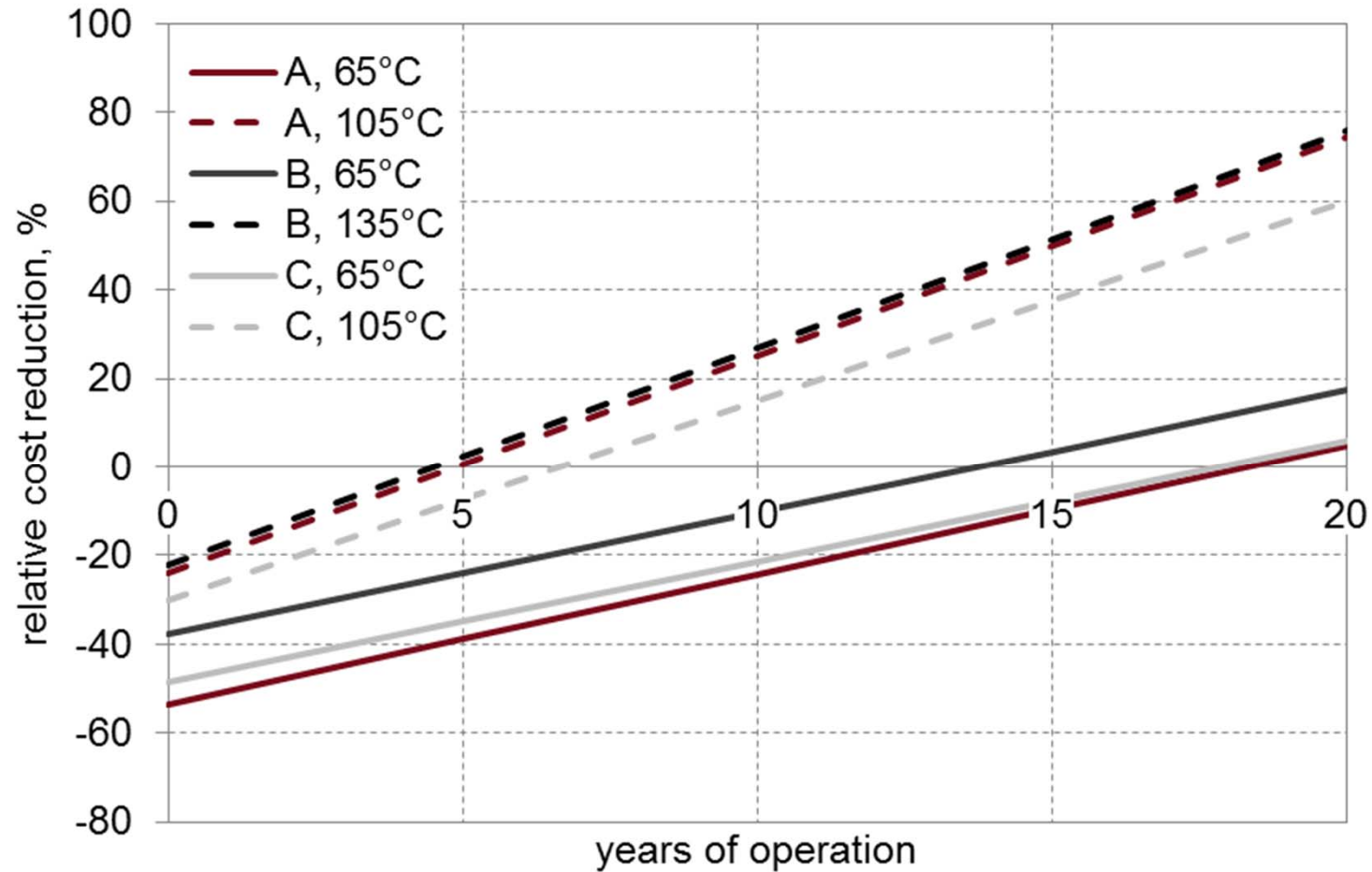
- Investitionskosten
  - Gaskessel: 20 €/kW Heizleistung
  - Wärmepumpe: 250 – 400 €/kW Heizleistung
  - ohne Einlaufbauwerk
  - ohne Fernwärmeinfrastruktur
  
- Betriebskosten
  - Verhältnis von Strom- und Gaspreisen: 1 ... 3.5

## Größte Kosteneinsparung



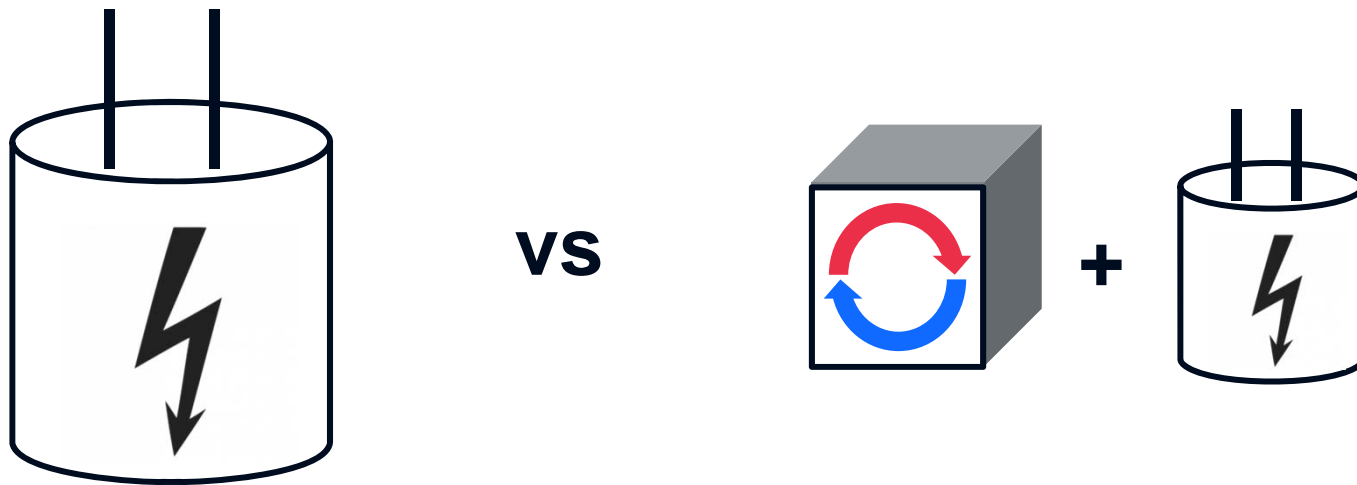
Investitionskosten WP= 300 €/kW Heizleistung  
bei größter Kosteneinsparung nach 10 Jahren Betrieb

## Zeitliche Entwicklung der relativen Kosteneinsparung



Jahr 0 = Investition

## Vergleich mit Elektrodenkessel als Backup



# Wirtschaftlichkeit

## Elektrodenkessel

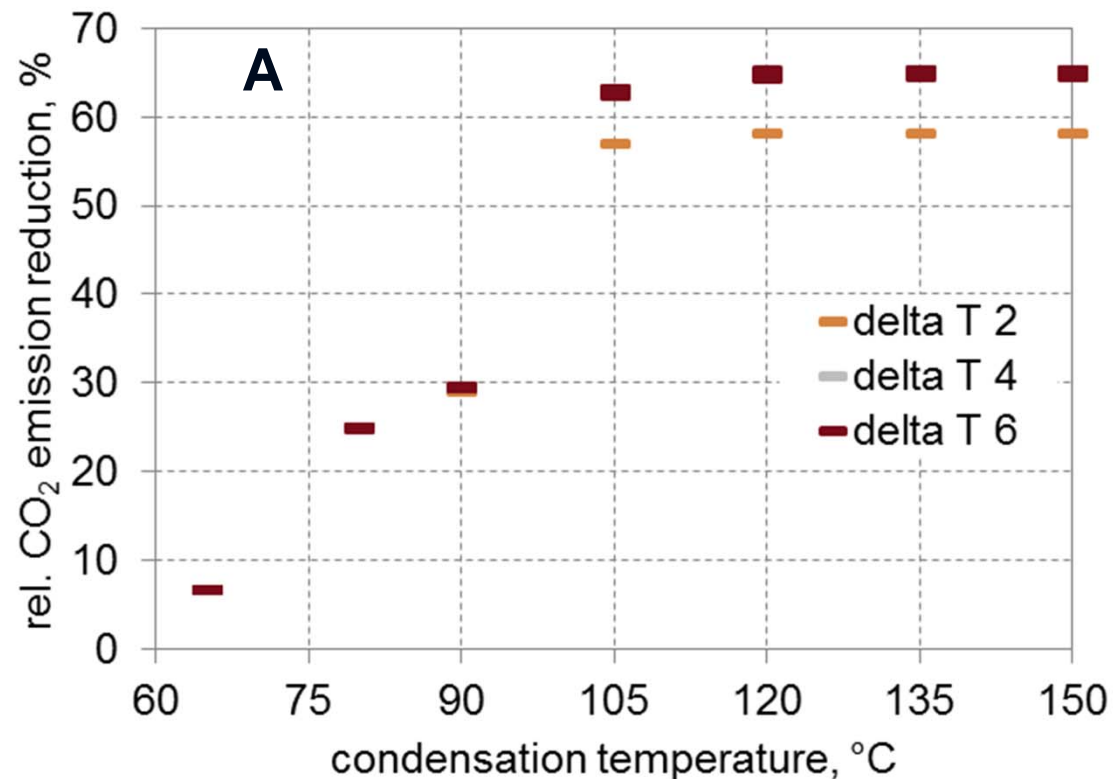
- Investitionskosten
  - Elektrodenkessel: 60 €/kW Heizleistung
  - Wärmepumpe: 300 €/kW Heizleistung
  - ohne Einlaufbauwerk
  - ohne Fernwärmeinfrastruktur
  
- Betriebskosten:
  - Strompreis: 1 ... 11 ct/kWh



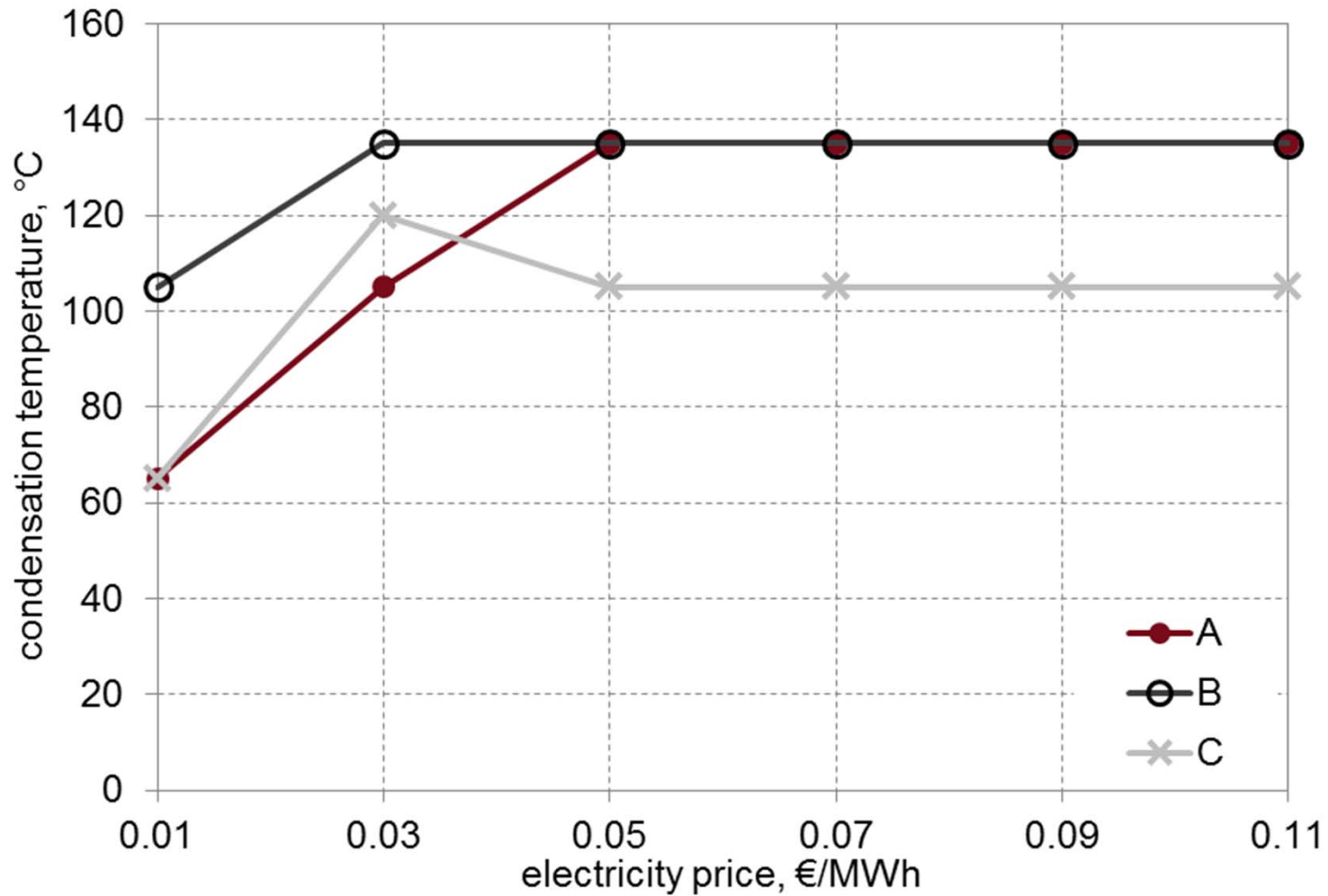
# Größte CO<sub>2</sub> Emissionseinsparung

## Elektrodenkessel

- Alle Szenarien führen zu einer CO<sub>2</sub> Emissionseinsparung
- Einsparungen sind deutlich größer im Vergleich zum Gaskessel
- Maximum bei  $T_{\text{kond}} = 135 \text{ °C}$  (Stadt A and B) und  $120 \text{ °C}$  (Stadt C)

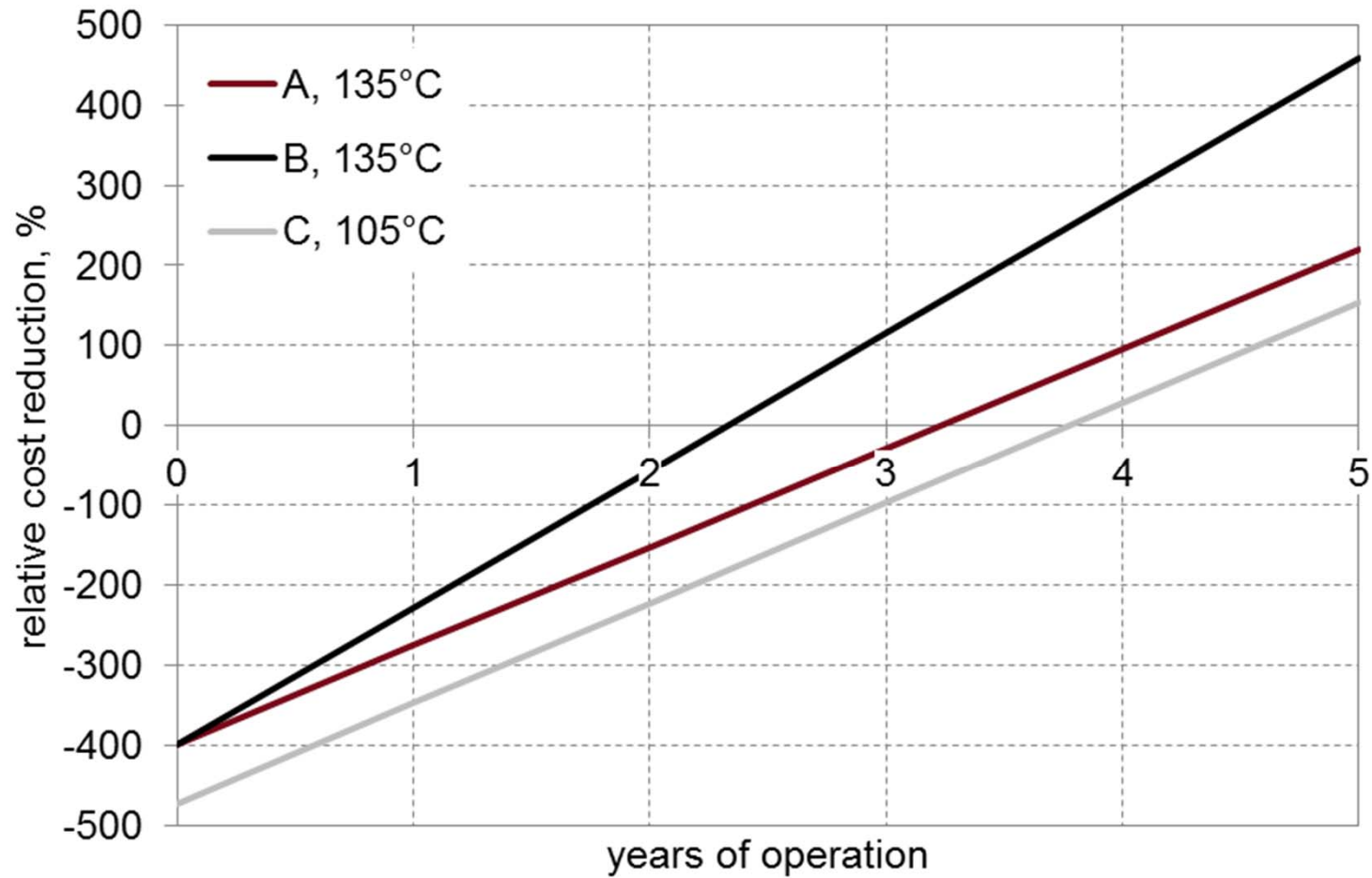


## Größte Kosteneinsparung



Investition Wärmepumpe= 300 €/kW Heizleistung  
bei größter Kosteneinsparung nach 10 Jahren Betrieb

## Zeitliche Entwicklung der relativen Kosteneinsparung



## Schlussfolgerungen

- Grundlast-Szenarien mit  $T_{\text{kond}} = 65 \text{ °C}$  weisen die höchste Jahresarbeitszahl auf und sind marktverfügbar.
- Wärmepumpen können einen signifikanten Beitrag zu  $\text{CO}_2$  Reduktion in Fernwärmenetzen leisten.
- $T_{\text{kond}} = 105 \text{ °C}$  reicht aus, um die größte  $\text{CO}_2$  Emissionseinsparung zu erzielen
- Strom/Gaspreisverhältnis hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.
- Flüsse sind auch in alpinen Regionen als Wärmequelle für Wärmepumpen geeignet
- Mögliche Vereisung am Verdampfer erfordert innovative Maßnahmen und neue Regelkonzepte



## Wärmepumpen in Österreich: Forschungs-, Technologie- und Marktentwicklung bis 2030

- Österreichische Technologieroadmap für die Wärmepumpe.
- Fachleute aus der nationalen Wärmepumpenindustrie, aus Energieversorgungs- und Zulieferunternehmen, mit potentiellen Anwendern aus Industrie und Gewerbe, Industrieanlagenplanern und –bauern, Vertretern von Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Repräsentanten aus dem öffentlichen Sektor
- Identifikation und Diskussion der zukünftigen Anwendungsfelder und -potentiale der Wärmepumpentechnologien bis 2030
  
- ORT:           AIT, Giefinggasse 2, 1210 Wien, Raum W301
- ZEIT:         26.11.2015, 12.00 – 17:00 Uhr



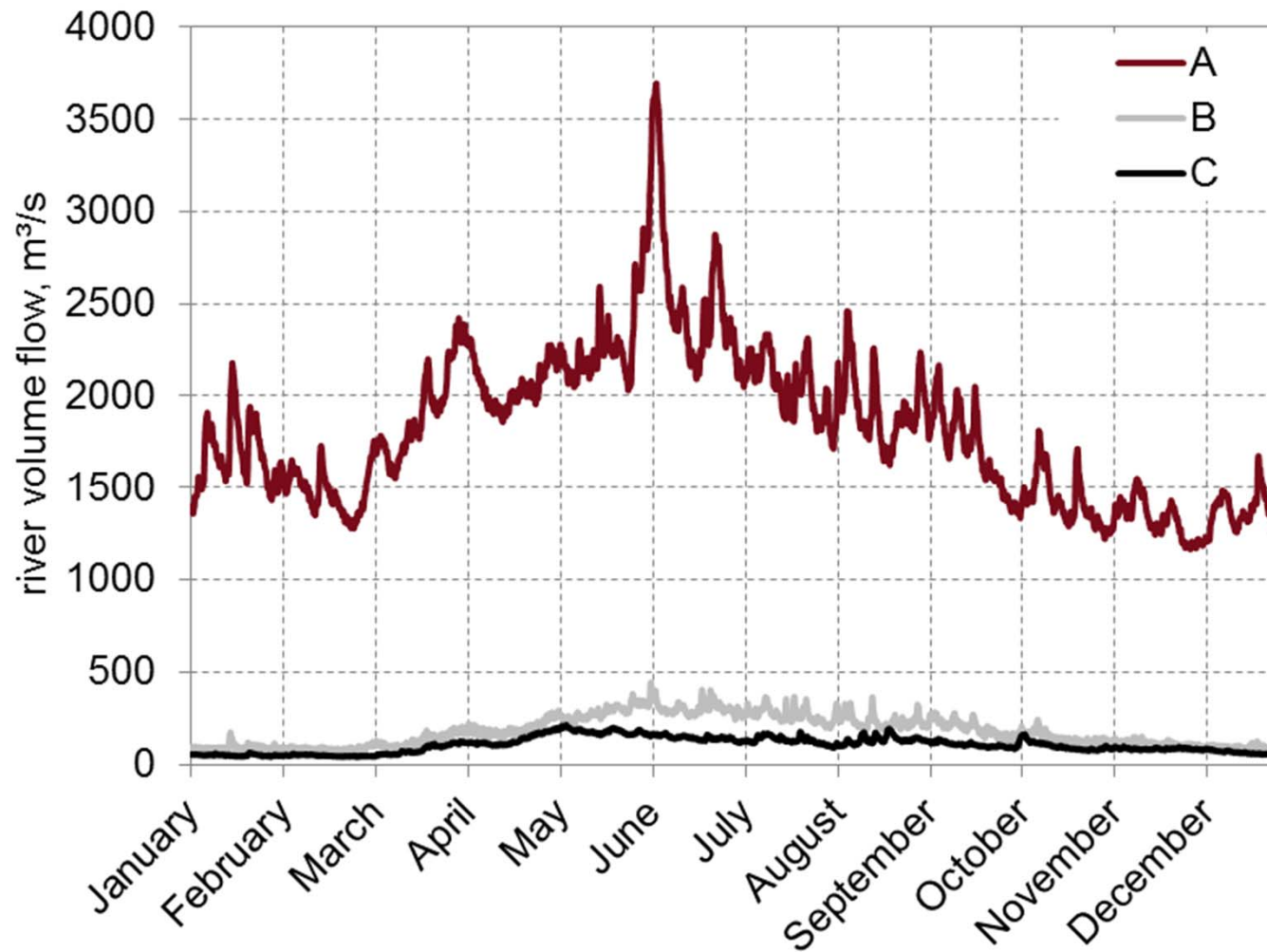
# AIT Austrian Institute of Technology

your ingenious partner

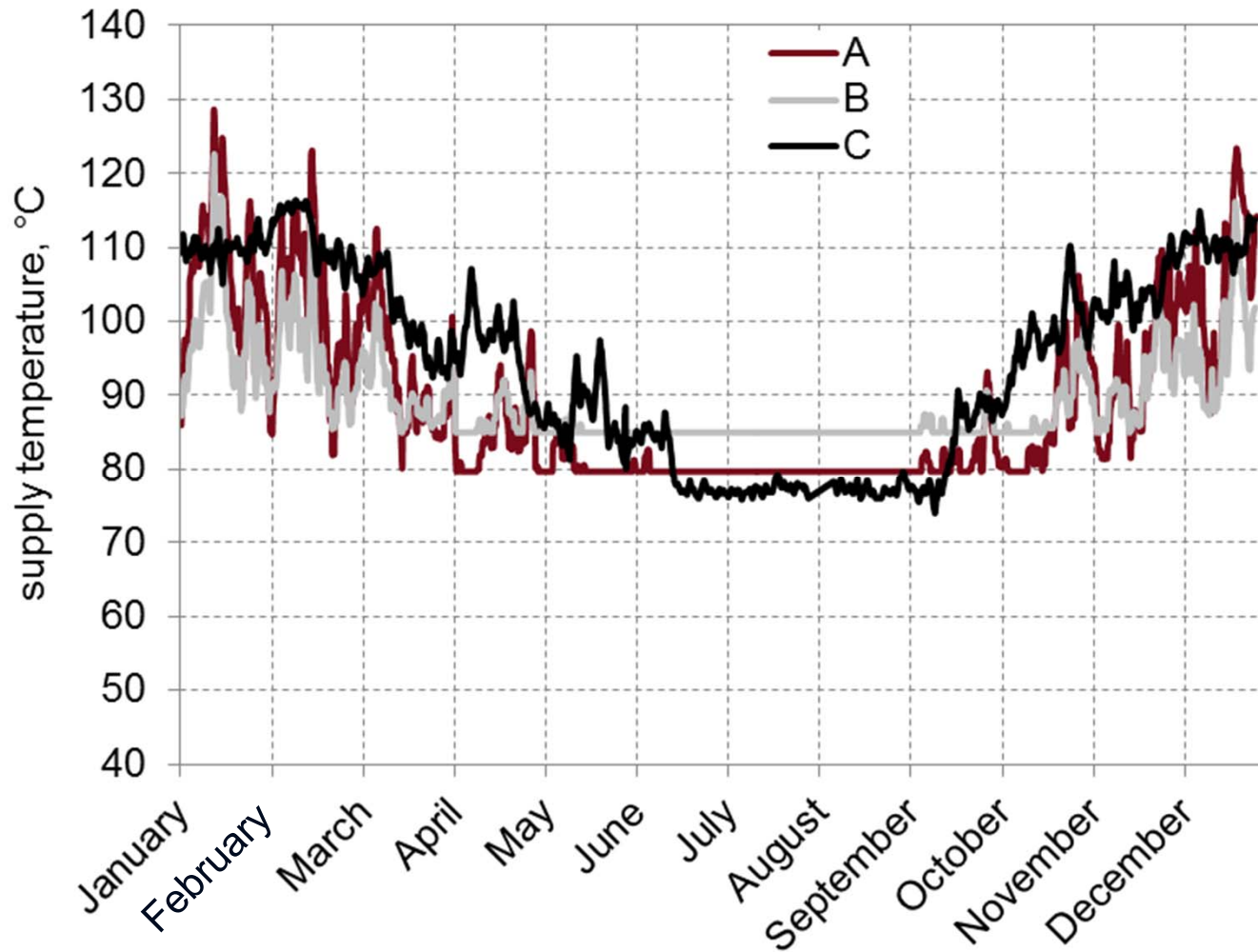
Thomas Fleckl

[thomas.fleckl@ait.ac.at](mailto:thomas.fleckl@ait.ac.at)

## Flusswasser als Wärmequelle: Volumenstrom



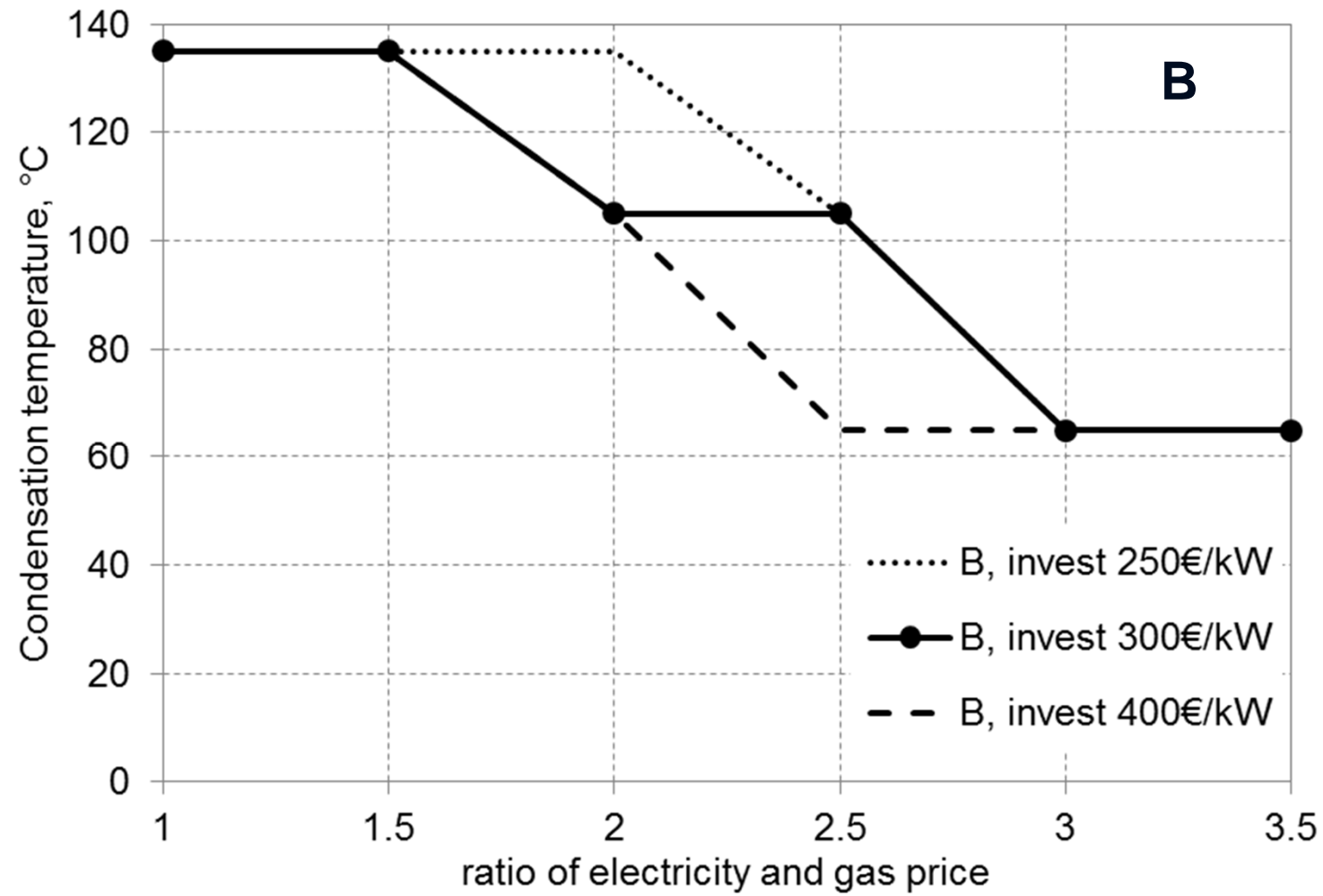
# Vorlauftemperaturen in den Fernwärmenetzen



$T_{\max}$   
 A = 129 °C  
 B = 123 °C  
 C = 116 °C



## Variation der Investitionskosten



# Wirtschaftlichkeit

## Gaskessel

- Grundlast-Szenarien sind wirtschaftlich  
Strom/Gaspreisverhältnis  $\approx 2$
  
- Bereitstellung von großen Anteilen der Fernwärme durch WP wirtschaftlich bei
  - Niedrigen Strompreisen (Überschussstrom?)
  - Hohe Gaspreise (politische Entwicklungen?)
  
- Niedrigere Investitionskosten ermöglichen große Investitionen
  - Lernkurve

# Wirtschaftlichkeit

## Elektrodenkessel

- Geringe Investitionskosten
- Wärmepumpe ist im Betrieb deutlich effizienter
- Kosten der Wärmepumpe sind spätestens nach 4 Jahren Betrieb geringer als die des Elektrodenkessels