

Themenbereich: **Wärmeversorgung I**

Integration erneuerbarer Wärme- und Abwärmequellen: Sind stark temperaturgleitende Wärmenetze der Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit?

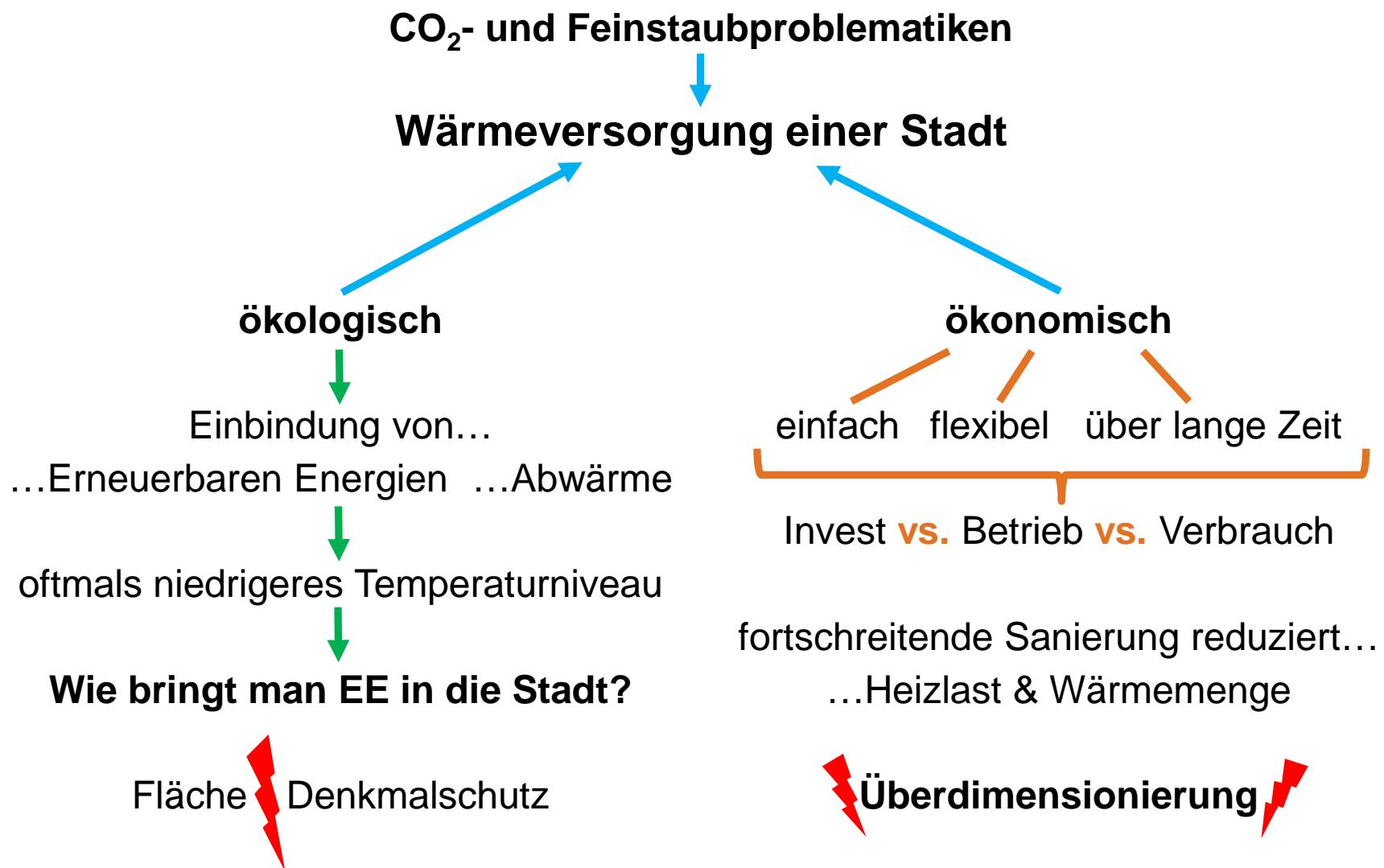
Stefan Adldinger, M.Eng.

IEWT - 11. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien
13. – 15. Februar 2019

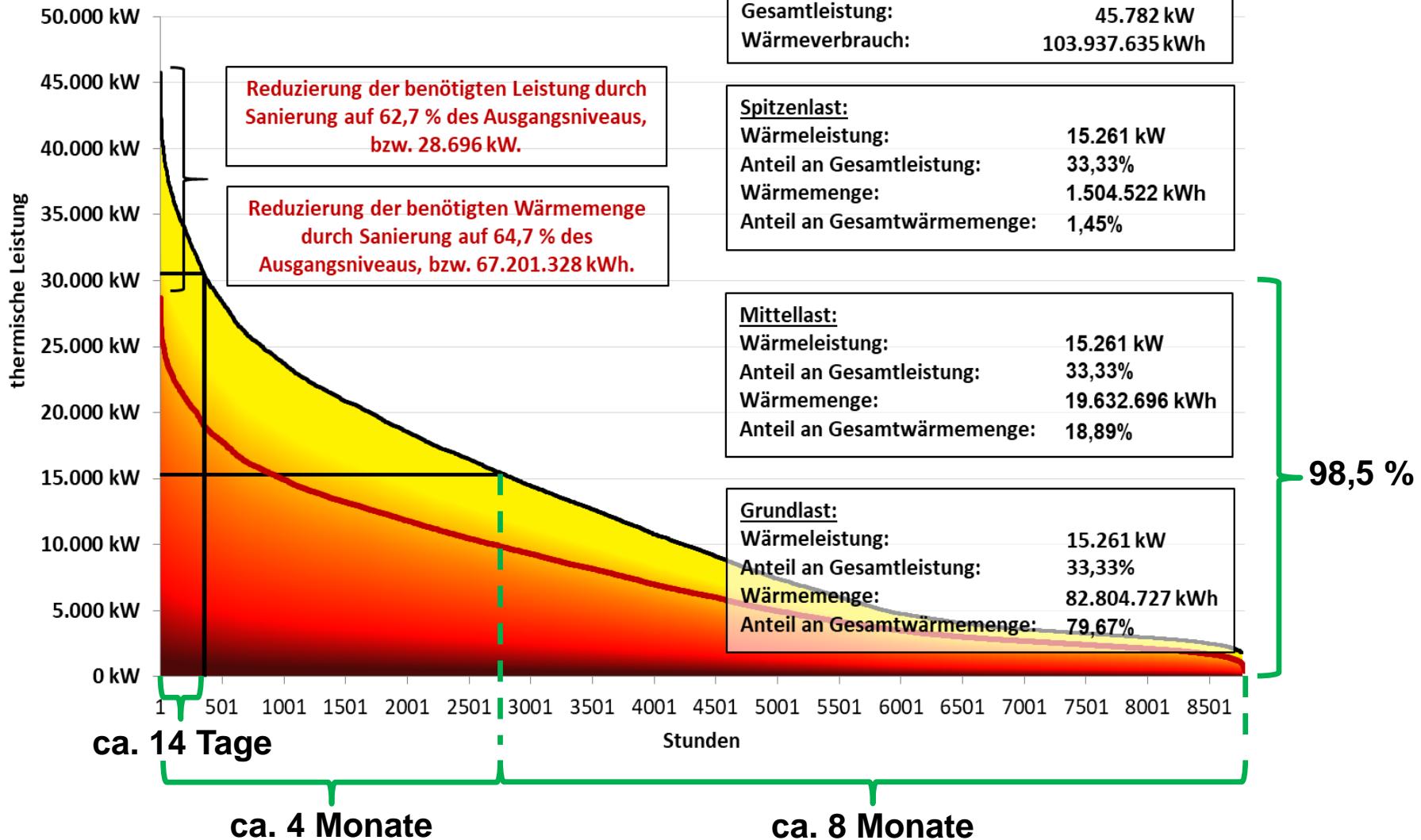
Inhalt

1. Hintergrundüberlegungen
2. Aufgabenstellung & Ziel
3. Methodische Vorgehensweise
 - a) Verbrauchslastgang
 - b) Referenzwärmennetz
 - c) Berechnungsgrundlage
 - d) Wärmenetzbetriebsweisen
4. Einsparpotential von temperaturgleitenden Wärmenetzen
 - a) Verteilung jährliche Invest-, Wärmeverlust- und Pumpkosten
 - b) Vergleich spezifische Wärmeverteilkosten
 - c) Vergleich jährliche Wärmeverteilkosten aktuell/zukünftig
5. Fazit & Ausblick

1. Hintergrundüberlegungen



1. Hintergrundüberlegungen



1. Hintergrundüberlegungen

Wärmenetzauslegung 90/60 (100%-Auslegung)

- Investition, Netzverluste, Pumpenergie

selten 100%-Erschließung

Wärmenetzauslegung 120/60 (Dimensionierung ↓)

- Reduzierung der Fläche um 27% ← hohe Temperaturen an wenigen Tagen
- Reduzierung Invest & Netzverluste, Erhöhung Pumpenergie
- Bei Überdimensionierung → Reduzierung VL-Temperatur
- Keine Einbindung von Erneuerbaren Energien oder Abwärme möglich

Wärmenetzauslegung 120/20 (Dimensionierung ↓)

- Reduzierung der Fläche um 35 %
- Reduzierung Invest & Netzverluste, Erhöhung Pumpenergie
- Einbindung von Niedertemperatur → günstig (Abwärme), ökologisch (EE)

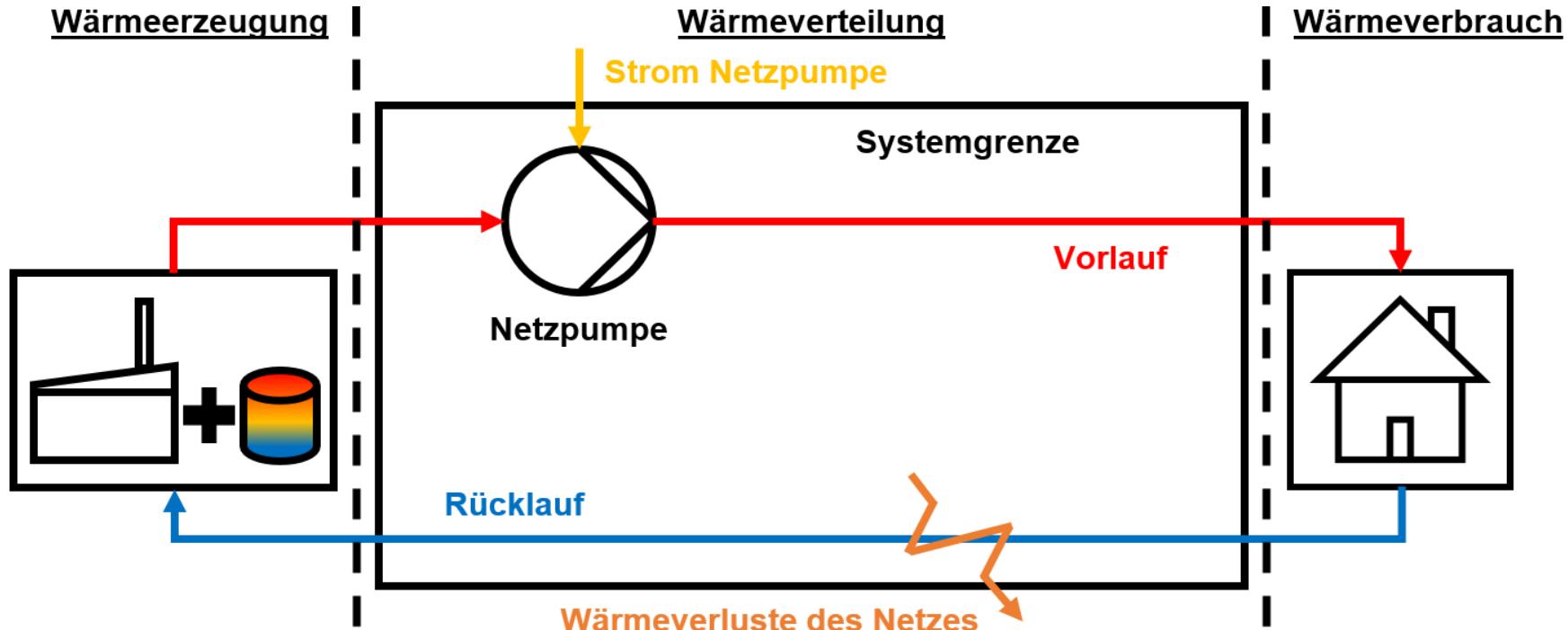
ABER: Wärmepumpen nötig → Invest erhöht sich ?Einsparung bei Wärmeverteilung?

Ø Nenndurchmesser:



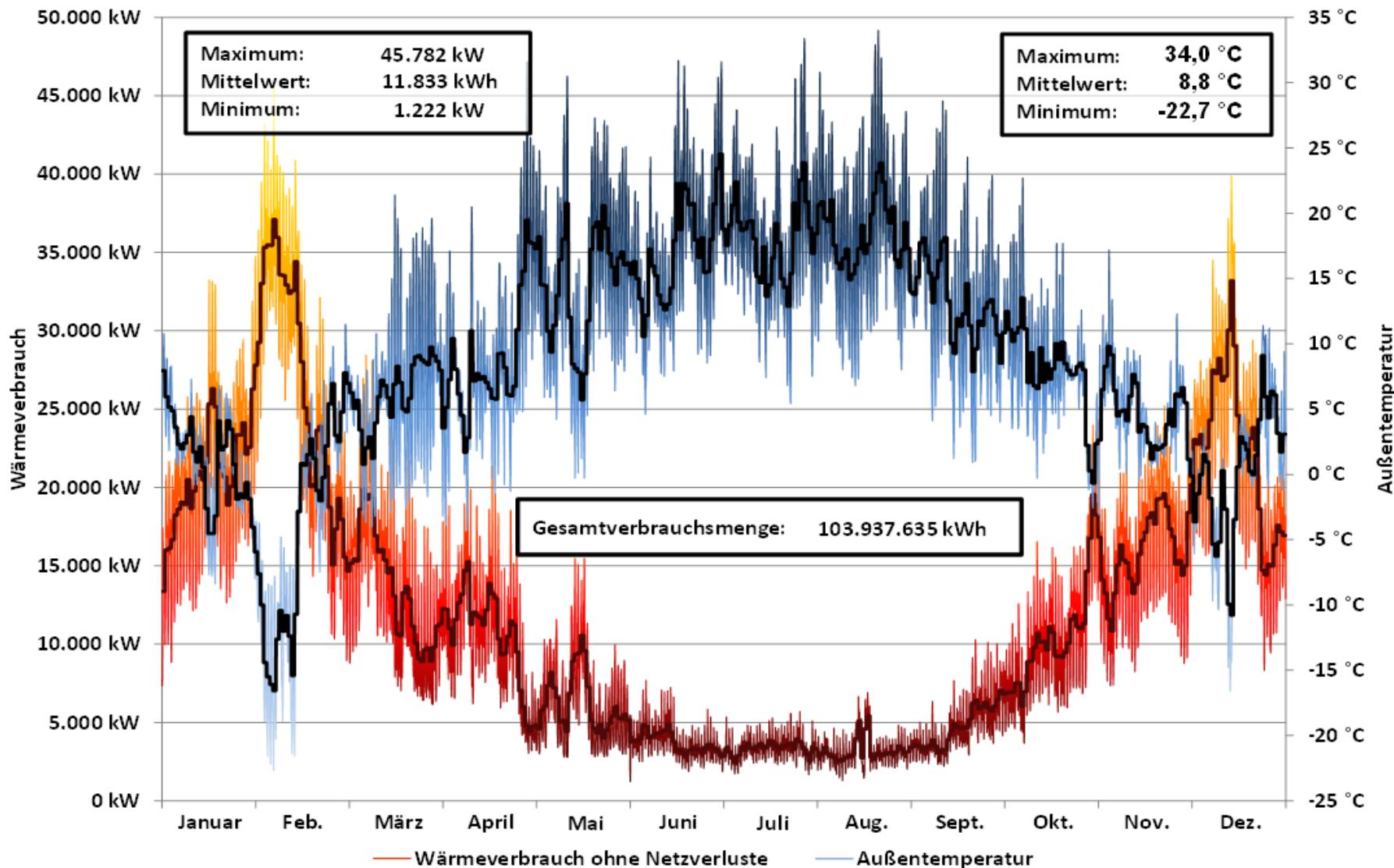
2. Aufgabenstellung & Ziel

Thema: Modellbetrachtungen für einen ökonomischen und ökologischen Betrieb von stark temperaturgleitenden Wärmenetzen durch den Einsatz von verbraucherseitigen Wärmepumpen



- Ermittlung der Einsparpotentiale temperaturgleitender Wärmenetze hinsichtlich der Investitions-, Wärmeverlust- und Pumpkosten
- Ableitung der zusätzlichen Kosten für ein derartiges Wärmebereitstellungssystem

3. Methodische Vorgehensweise



3. Methodische Vorgehensweise

Referenzwärmennetz:

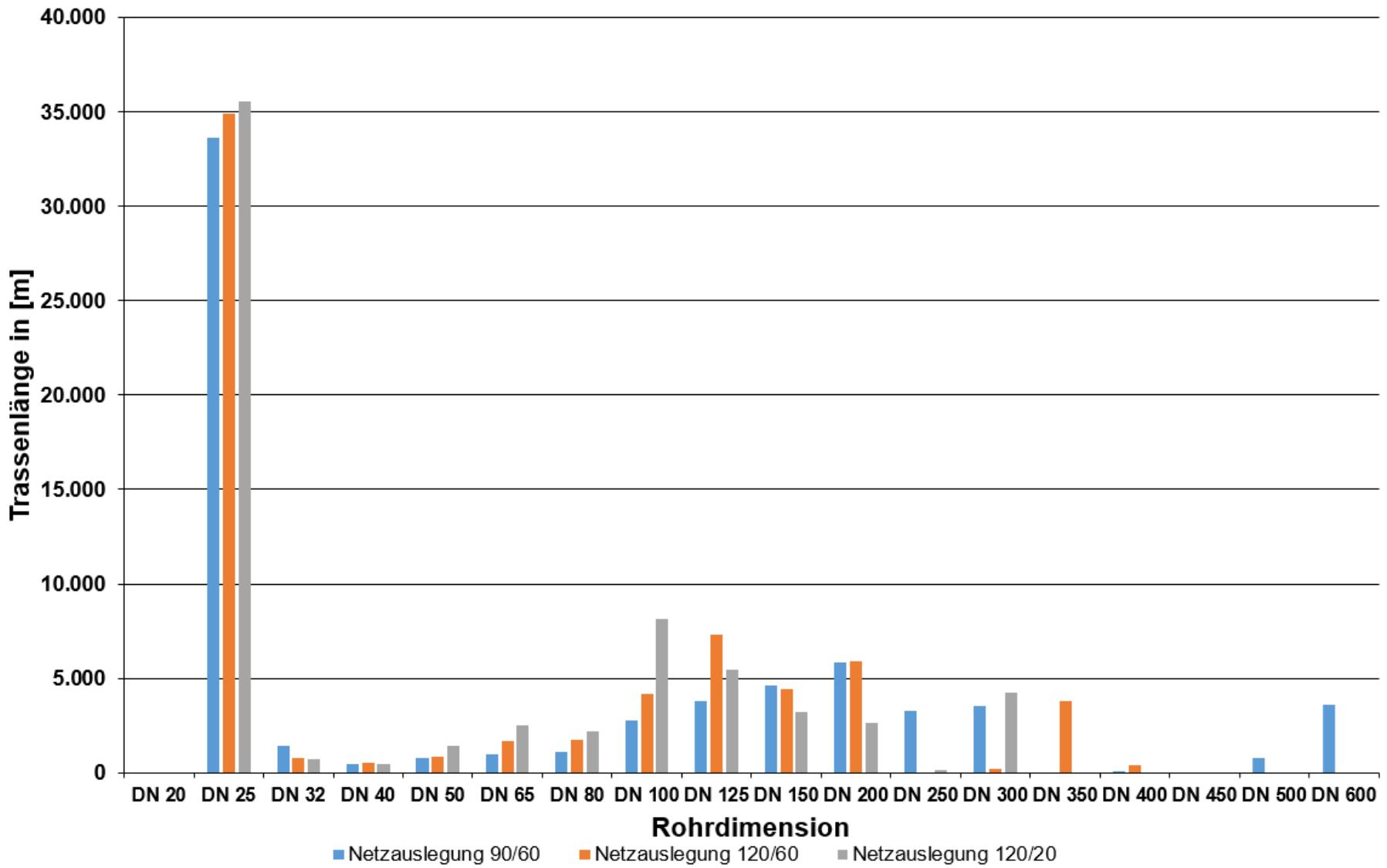
Wärme- netz	Anzahl	Heiz- leistung	Wärmebedarf	Voll- benutzungs- stunden	Haupt- leitung	Anschluss- leitung	Gesamt- leitung	Abgabe- leistung	Gleich- zeitigkeit
Zuleitung	200	14.398 kW	26.248.236 kWh	1.823 Vbh	4.410 Trm	5.000 Trm	9.410 Trm	11.562 kW	80,30%
Gebiet 1	600	16.579 kW	34.342.445 kWh	2.071 Vbh	5.520 Trm	8.520 Trm	14.040 Trm	15.127 kW	91,24%
Gebiet 2	700	18.508 kW	32.984.491 kWh	1.782 Vbh	11.830 Trm	12.530 Trm	24.360 Trm	14.529 kW	78,50%
Gebiet 3	500	5.079 kW	10.362.462 kWh	2.040 Vbh	9.100 Trm	9.750 Trm	18.850 Trm	4.564 kW	89,87%
Gesamt	2.000	54.564 kW	103.937.635 kWh	1.905 Vbh	30.860 Trm	35.800 Trm	66.660 Trm	45.782 kW	83,91%

Gebäudebestand mit Ein-, Zwei- u. Mehrfamilienhäusern sowie Gewerbe, öffentliche Gebäude

→ Wärmenetzauslegung für drei Betriebsweisen: 90/60, 120/60 und 120/20

Lastfaktor	Wärmeabnahme in [kW]			Volumenstrom in [m³/h]			Förderhöhe in [m]			Leistung in [kW]		
Auslegungsfall	90/60	120/60	120/20	90/60	120/60	120/20	90/60	120/60	120/20	90/60	120/60	120/20
100%	45782	45782	45782	1212,7	608,5	360,2	197,2	247,0	208,8	42338	42570	41976
75%	30420	30430	30420	917,5	462,2	273,3	125,8	154,5	132,1	32208	32498	31884
50%	20290	20290	20280	622,3	314,8	185,9	71,4	84,2	73,4	22075	22343	21729
25%	10140	10140	10140	327,5	167,0	98,2	35,9	37,5	33,8	11944	12150	11533
10%	4057	4057	4056	149,2	77,7	44,9	22,7	21,0	19,7	5801	5961	5330
5%	2029	2029	2028	89,1	47,3	26,6	19,9	17,8	16,6	3717	3836	3188

3. Methodische Vorgehensweise



3. Methodische Vorgehensweise

Berechnung der spezifischen Wärmeverteilkosten mittels Annuitätenmethode

$$k_{spez} = \frac{K}{\dot{Q} \cdot \tau} \cdot \left(100 \frac{ct}{\epsilon} \right) = \frac{K_{Kap} + K_{Be}}{\dot{Q} \cdot \tau} \cdot \left(100 \frac{ct}{\epsilon} \right) \quad F. (1)$$

Berechnung der Kapitalkosten (Finanzierungsdauer = 30 Jahre, Zinssatz = 2,9 %)

$$K_{Kap} = I \cdot a = I \cdot \frac{i \cdot (1 + 1)^n}{i \cdot (1 + 1)^n - 1} \quad F. (2)$$

Berechnung der Betriebskosten (Erzeugungskosten = 3 ct/kWh, Stromkosten = 15 ct/kWh)

$$K_{Be} = K_B + K_S + K_U = \frac{Q_V \cdot p_B}{\eta_a \cdot \left(100 \frac{ct}{\epsilon} \right)} + \frac{W_P \cdot p_S}{\left(100 \frac{ct}{\epsilon} \right)} + K_U \quad F. (3)$$

Berechnung der Wärmeverteilverluste

$$Q_{V,a} = \sum \dot{Q}_{V,a,i} \cdot \tau_N = \sum \frac{k_{V,DN} \cdot \Delta T_{L,m} \cdot L_{DN}}{1000} \cdot \tau_N \quad F. (4)$$

Bestimmung des Gesamtstromverbrauchs der Netzpumpen anhand deren Leistungskennlinie

3. Methodische Vorgehensweise

Netz 1: Auslegung 90/60

Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

90 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 5 °C:
Rücklauftemperatur bis 5 °C:

80 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 5 °C:
Rücklauftemperatur ab 5 °C:

80 °C
60 °C

Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

90 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 10 °C:
Rücklauftemperatur bis 10 °C:

80 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 10 °C:
Rücklauftemperatur ab 10 °C:

80 °C
60 °C

Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

90 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 15 °C:
Rücklauftemperatur bis 15 °C:

80 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 15 °C:
Rücklauftemperatur ab 15 °C:

80 °C
60 °C

Netz 2: Auslegung 120/60

Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 5 °C:
Rücklauftemperatur bis 5 °C:

75 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 5 °C:
Rücklauftemperatur ab 5 °C:

75 °C
60 °C

Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 10 °C:
Rücklauftemperatur bis 10 °C:

75 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 10 °C:
Rücklauftemperatur ab 10 °C:

75 °C
60 °C

Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
60 °C

Vorlauftemperatur bis 15 °C:
Rücklauftemperatur bis 15 °C:

75 °C
60 °C

Vorlauftemperatur ab 15 °C:
Rücklauftemperatur ab 15 °C:

75 °C
60 °C

Netz 3: Auslegung 120/20

Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
20 °C

Vorlauftemperatur bis 5 °C:
Rücklauftemperatur bis 5 °C:

75 °C
20 °C

Vorlauftemperatur ab 5 °C:
Rücklauftemperatur ab 5 °C:

40 °C
20 °C

Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
20 °C

Vorlauftemperatur bis 10 °C:
Rücklauftemperatur bis 10 °C:

75 °C
20 °C

Vorlauftemperatur ab 10 °C:
Rücklauftemperatur ab 10 °C:

40 °C
20 °C

Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C

Vorlauftemperatur bis -10 °C:
Rücklauftemperatur bis -10 °C:

120 °C
20 °C

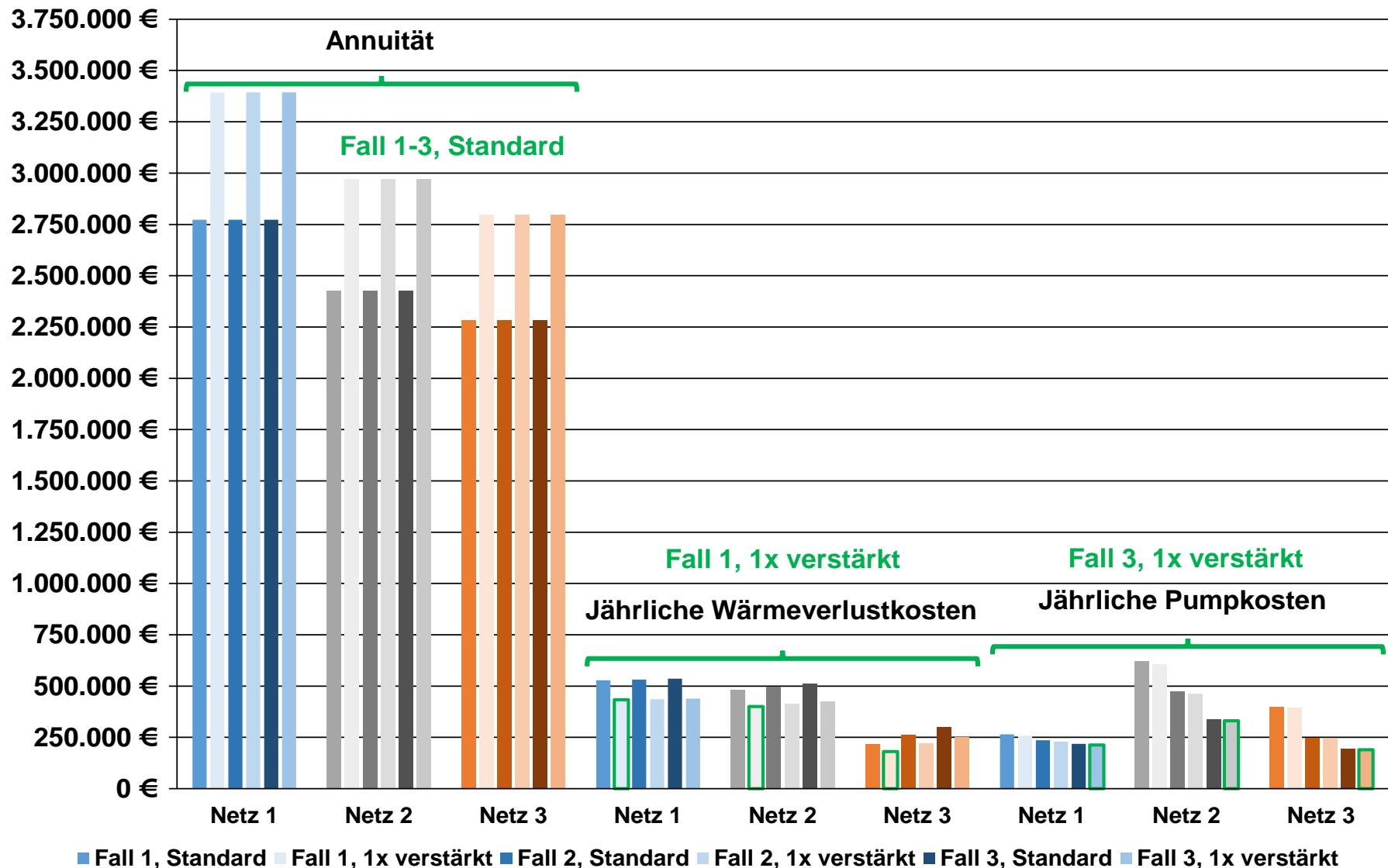
Vorlauftemperatur bis 15 °C:
Rücklauftemperatur bis 15 °C:

75 °C
20 °C

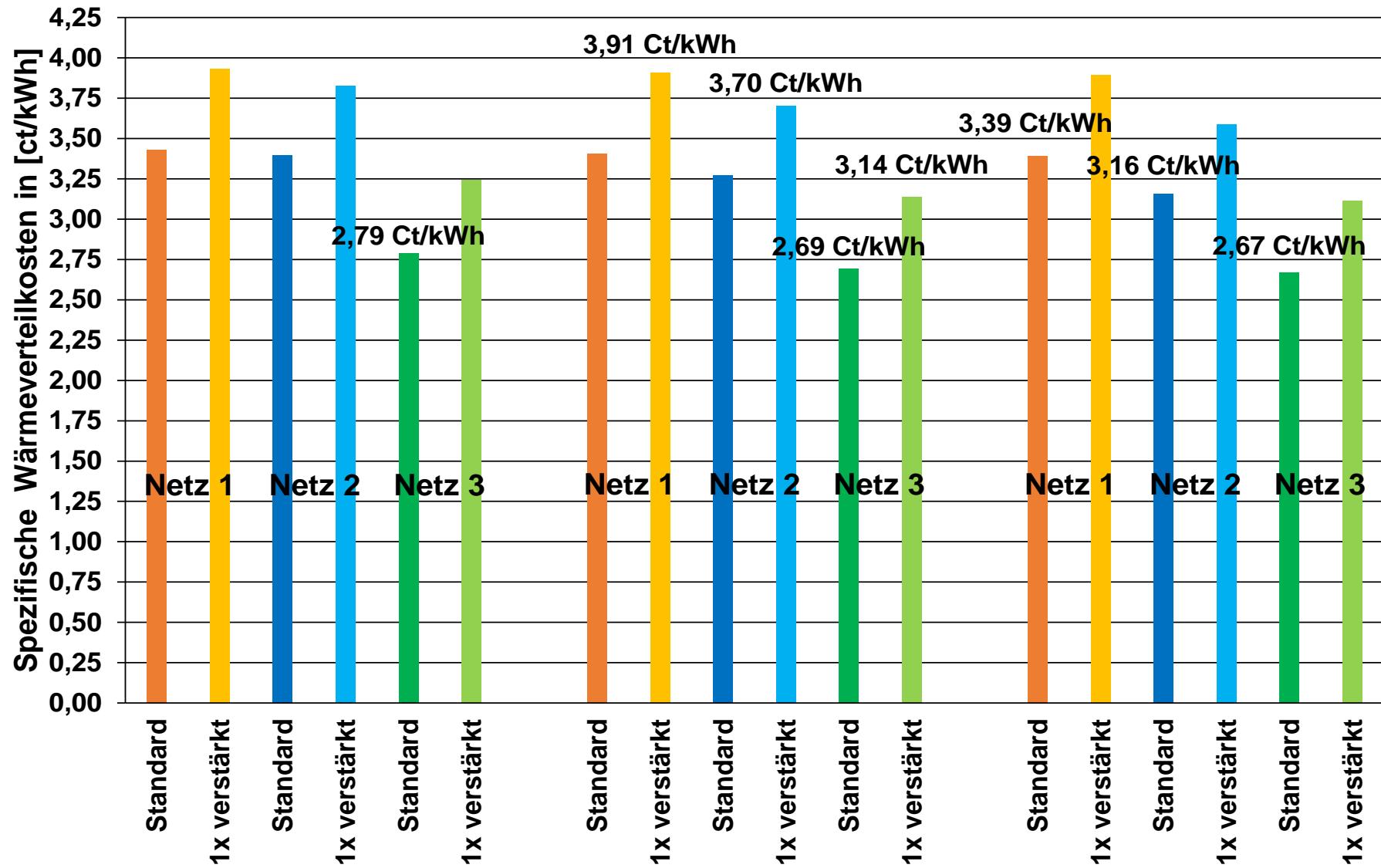
Vorlauftemperatur ab 15 °C:
Rücklauftemperatur ab 15 °C:

40 °C
20 °C

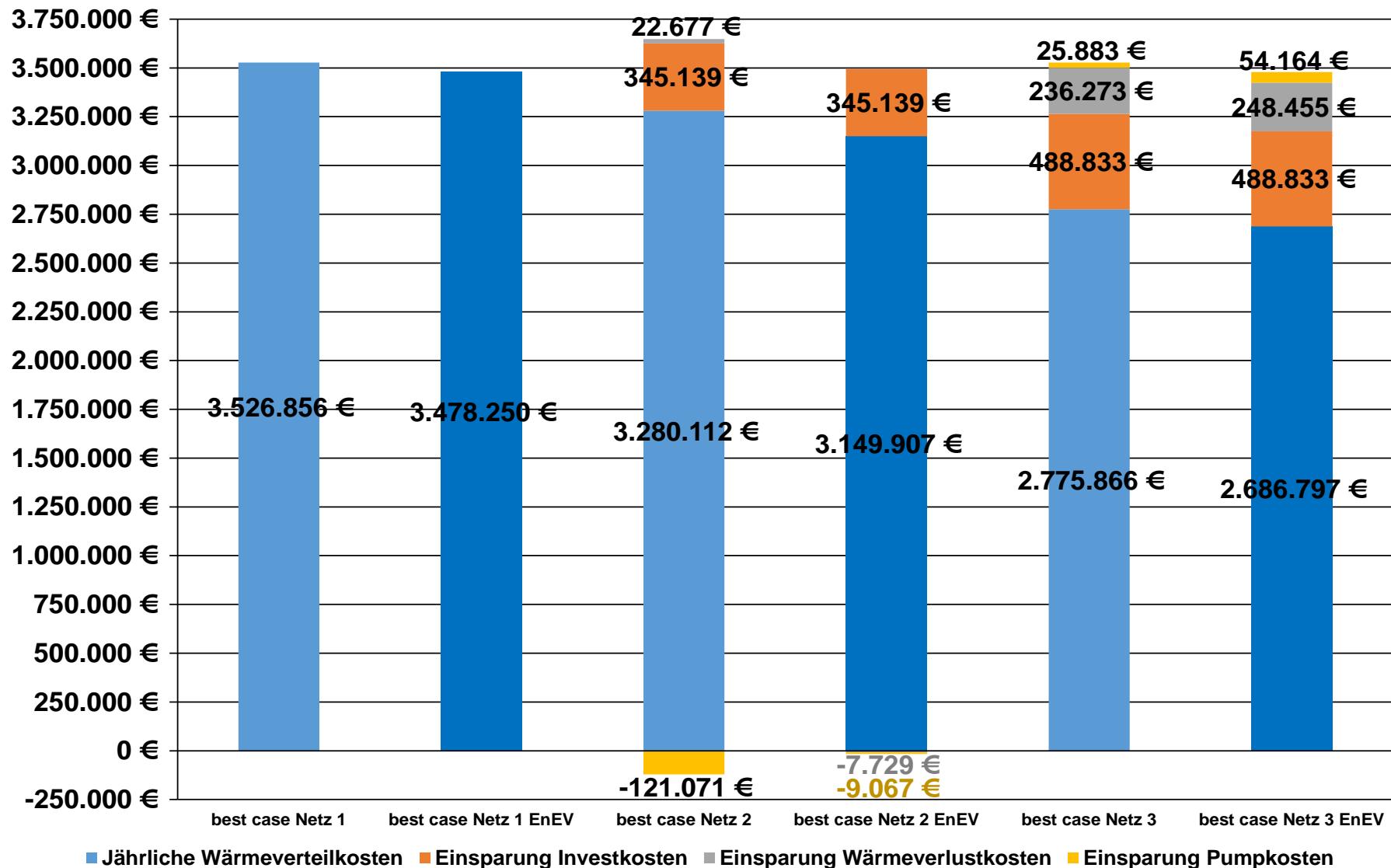
4. Einsparpotential temp.gleitender Wärmenetze



4. Einsparpotential temp.gleitender Wärmenetze



4. Einsparpotential temp.gleitender Wärmenetze



5. Fazit & Ausblick

Wärmenetzauslegung:

- Hohe Spreizung bei der Netzauslegung → deutlich geringere Rohrdimensionen → Reduzierung der Investitionskosten
- Verkleinerte Oberfläche der Leitungen → Netzverluste deutlich geringer
- Hohe Leistungen nur an wenigen Stunden im Jahr → Netztemperaturen auch während der Heizperiode geringer als im Auslegungsfall → Reduzierung Netzverluste
- Absenken der Netzvorlauftemperatur außerhalb Heizperiode → Reduzierung Netzverluste
- Absenken der Netztemperaturen → Gegenläufige Effekte durch erhöhte Pumpkosten
- Absenken der Netztemperaturen → zwingend Wärmeübergabesysteme mit Wärmepumpen

5. Fazit & Ausblick

Wärmenetzauslegung:

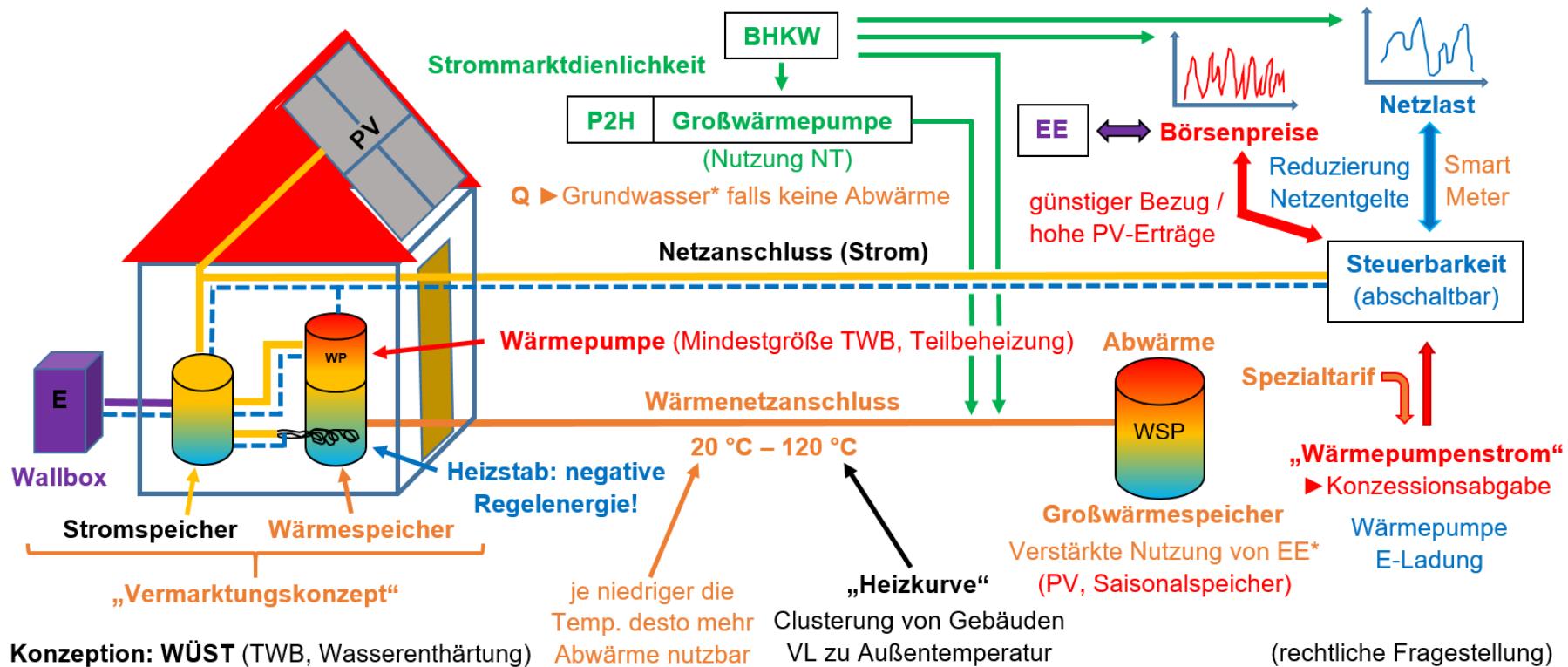
- Hohe Spreizung bei der Netzauslegung → deutlich geringere Rohrdimensionen → Reduzierung der Investitionskosten
- Verkleinerte Oberfläche der Leitungen → Netzverluste deutlich geringer
- Hohe Leistungen nur an wenigen Stunden im Jahr → Netztemperaturen auch während der Heizperiode geringer als im Auslegungsfall → Reduzierung Netzverluste
- Absenken der Netzvorlauftemperatur außerhalb Heizperiode → Reduzierung Netzverluste
- Absenken der Netztemperaturen → Gegenläufige Effekte durch erhöhte Pumpkosten
- Absenken der Netztemperaturen → zwingend Wärmeübergabesysteme mit Wärmepumpen

Wärmeübergabesystem mit Wärmepumpen

- Einflussnahme bereits ab Errichtung des Wärmenetzes → Überdimensionierung vermeiden
- Wärmeübergabestation ermöglicht von Beginn an eine 50 % Versorgung der prognostizierten Heizleistung → Voraussetzung 60 K Spreizung (120/60)
- Dauerhaft wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes trotz zukünftiger energetischer Sanierungsmaßnahmen → hohe Flexibilität
- Nutzung niederkalorischer Abwärme aus Industrie und Gewerbe sowie regenerative Wärmequellen

5. Fazit & Ausblick

- Weiterführende Untersuchungen zur Gesamtmodellbetrachtung stark temperaturgleitender Wärmenetze



- Sensitivität (Strom- und Wärmepreis) Zusammensetzung des Kraftwerksparks
- Effekte durch **Sektorenkopplung**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Stefan Adldinger, M.Eng.

Zentrum für Gekoppelte Intelligente Energiesysteme (CoSES)

Munich School of Engineering (MSE)

Technische Universität München

Lichtenbergstraße 4a

D-85748 Garching

Telefon: +49 (0)89/289-10486

E-Mail: stefan.adldinger@stadtwerke-neuburg.de

Internet: <https://www.mse.tum.de/coses/>



Technische
Universität
München

TUM