

Resilienz

Themenwoche „Versorgungssicherheit und Resilienz“

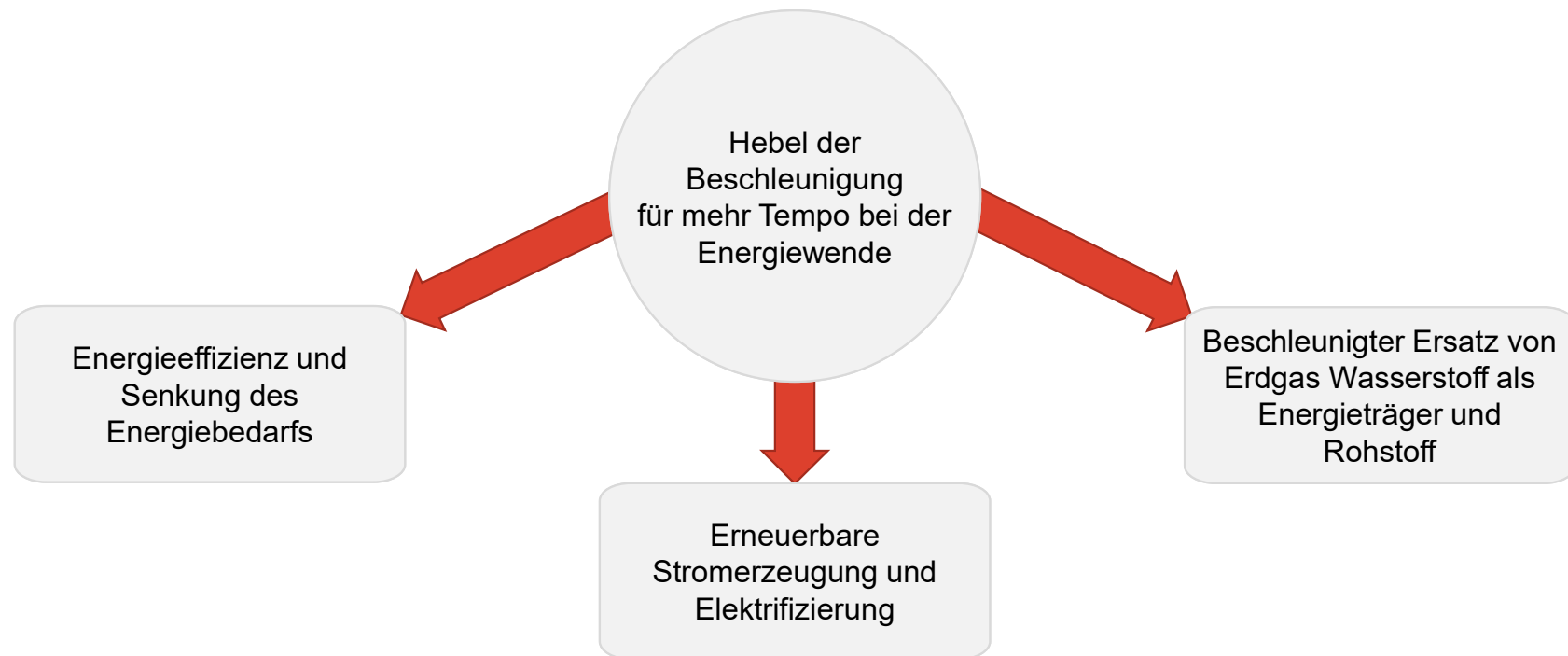
Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller

EBC | Institute for Energy Efficient
Buildings and Indoor Climate

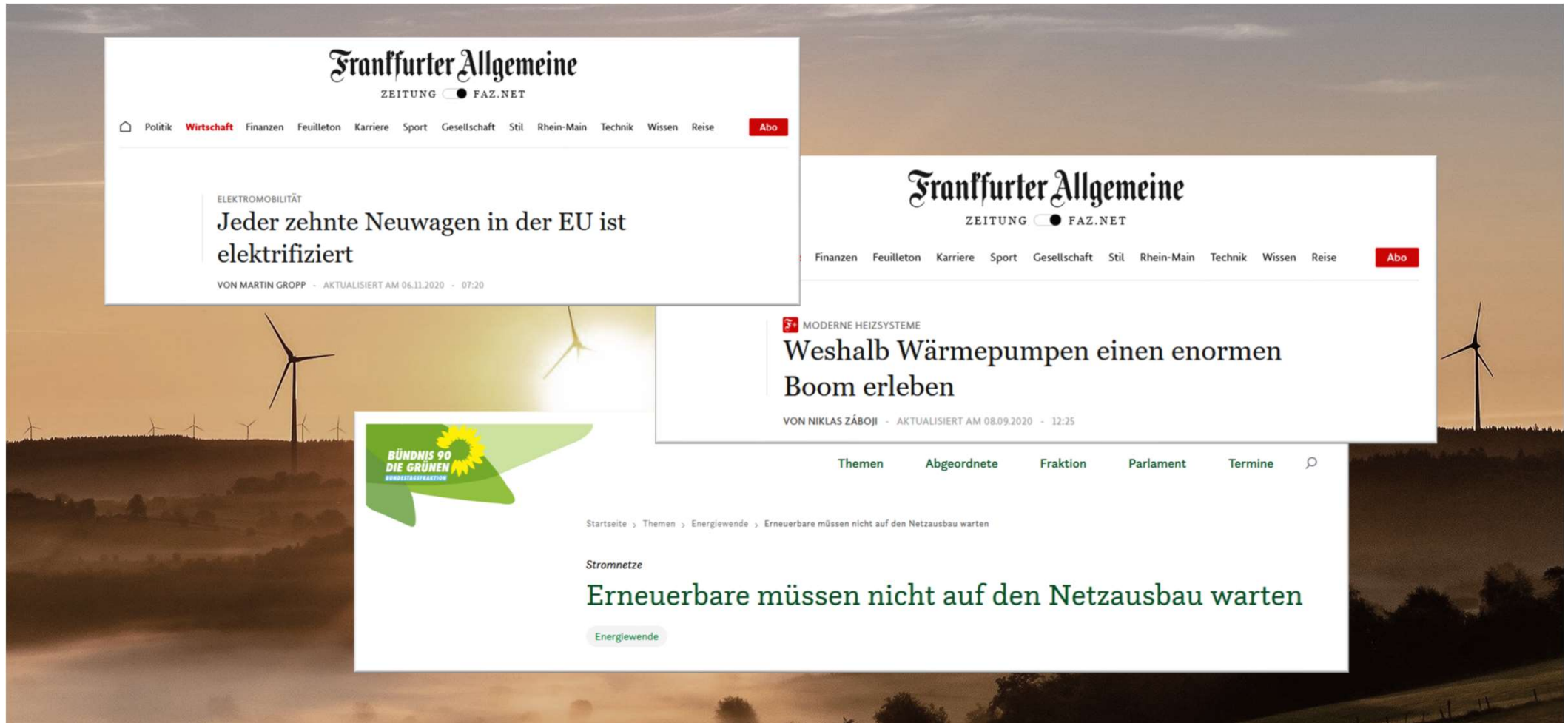


RWTHAACHEN
UNIVERSITY

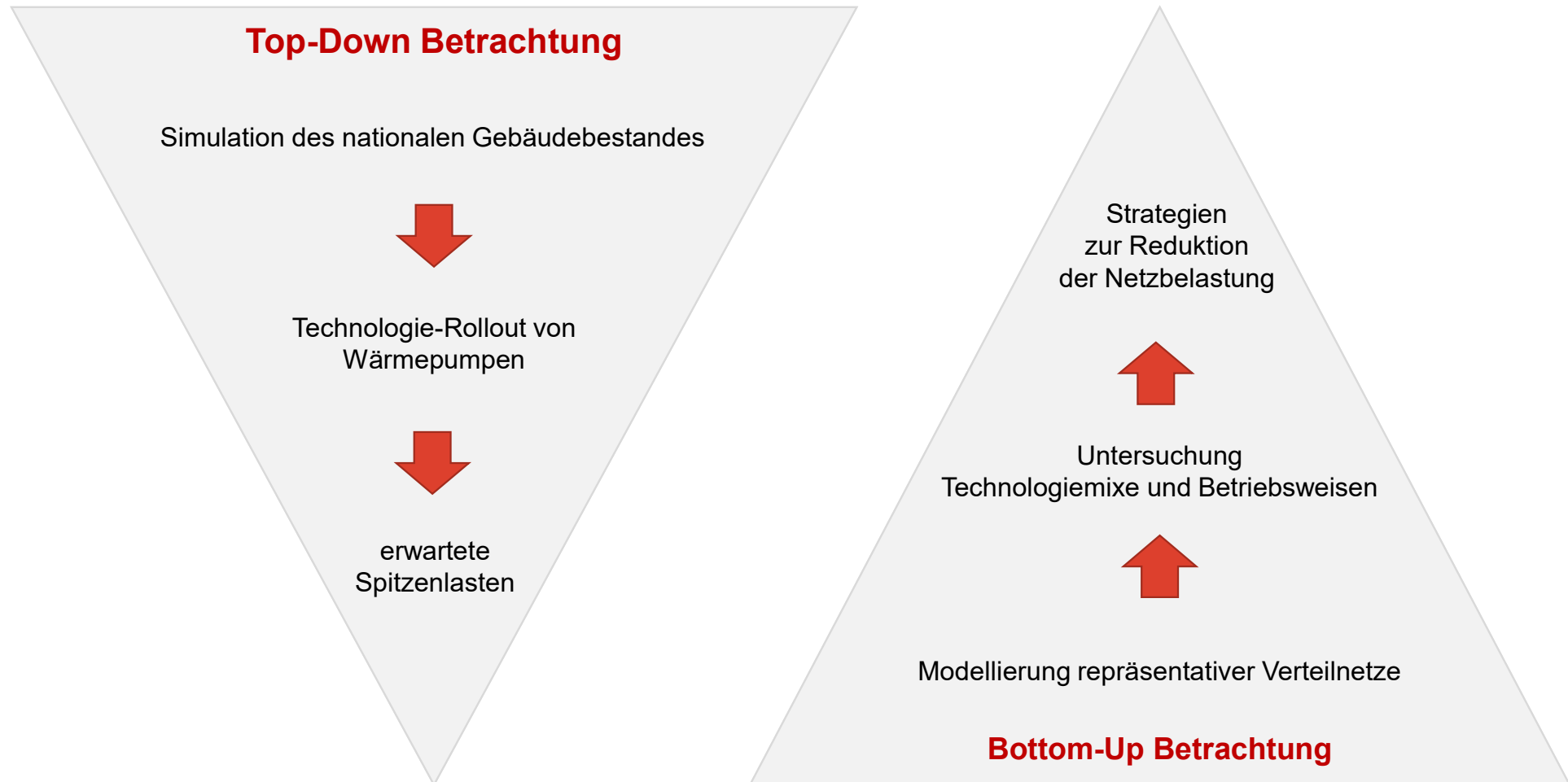
Neue Ziele der Energiewende



Durch Elektrifizierung zur Dekarbonisierung?



Ansätze zur Untersuchung der zukünftigen Netzbelastung



Ansätze zur Untersuchung der zukünftigen Netzbelastung

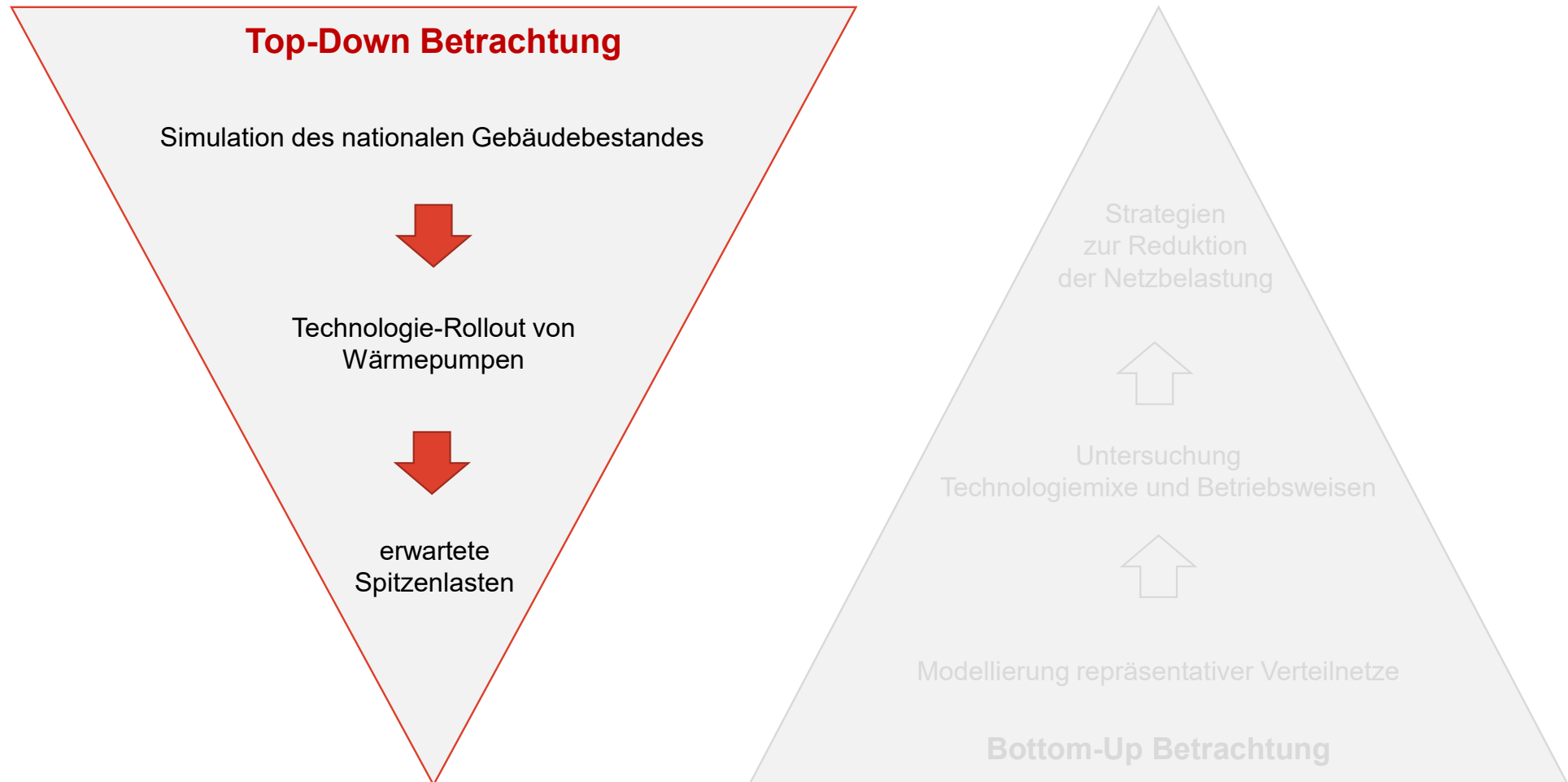


Abbildung des nationalen Gebäudebestandes

Wohngebäude



- TABULA Gebäudetypologie [1]



- Gasbasierte Wärmezeugung in 45 % der Gebäude [2]
- 62 % der gasbasierten WE aus dem Baujahr 2000 oder neuer
- Kessel ab 2000 werden als modulierend angenommen
- Annahme einer minimalen Leistung von 17 kW zur Berücksichtigung der Trinkwarmwassererzeugung

Nichtwohngebäude



- Beheizte Flächen und Verteilung Baualtersklassen [3]
- Spezifischer Endenergieverbrauch je Baualtersklasse [4], [6]



- Gasbasierte Wärmezeugung in 53 % der Gebäude [5]
- Annahme von 2.000 Volllaststunden

Weitere Randbedingungen der Simulation

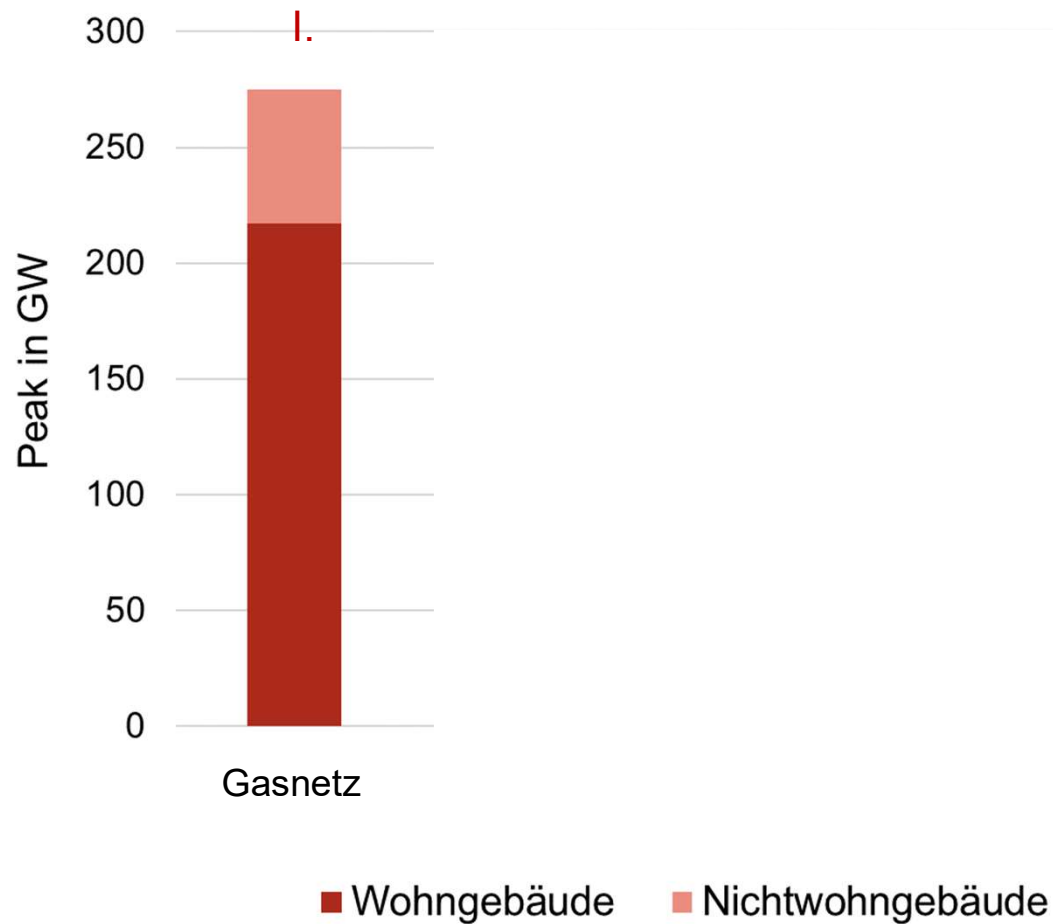


- DWD Testreferenzjahr 2012



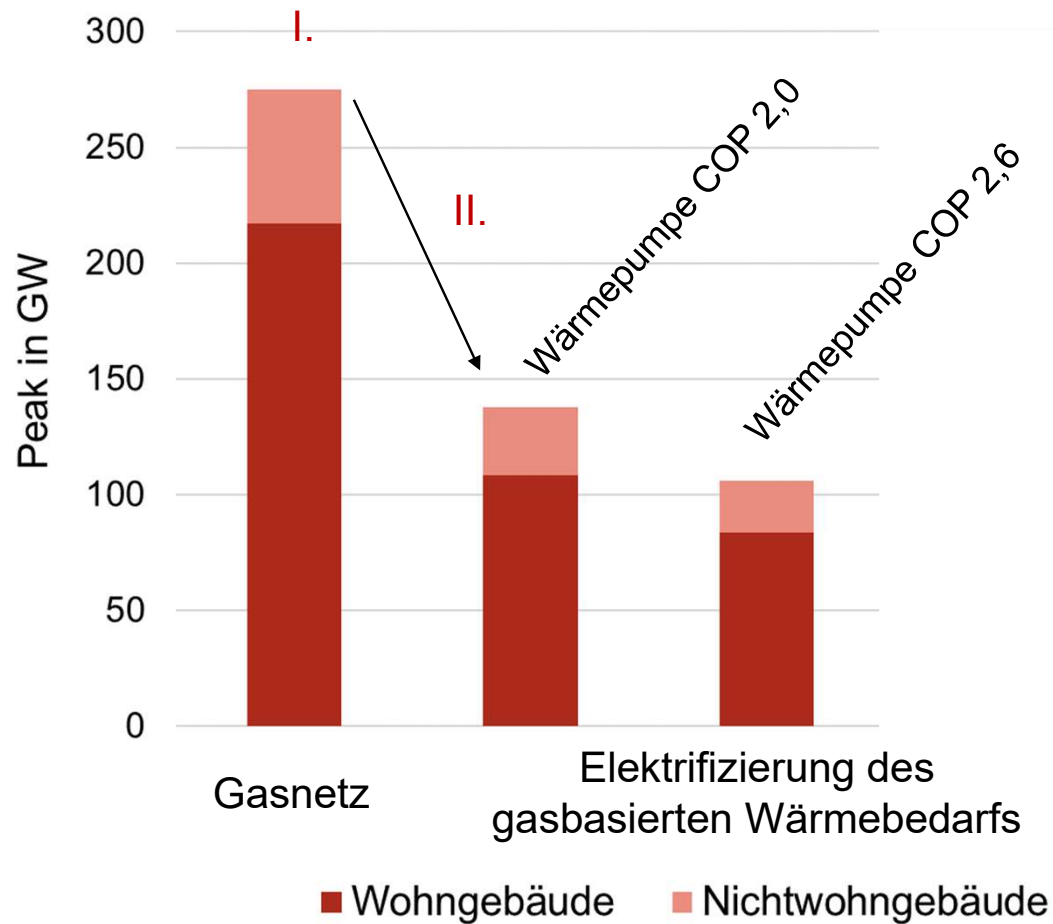
- Standort Potsdam

Peakleistungen der Wärmeerzeugung

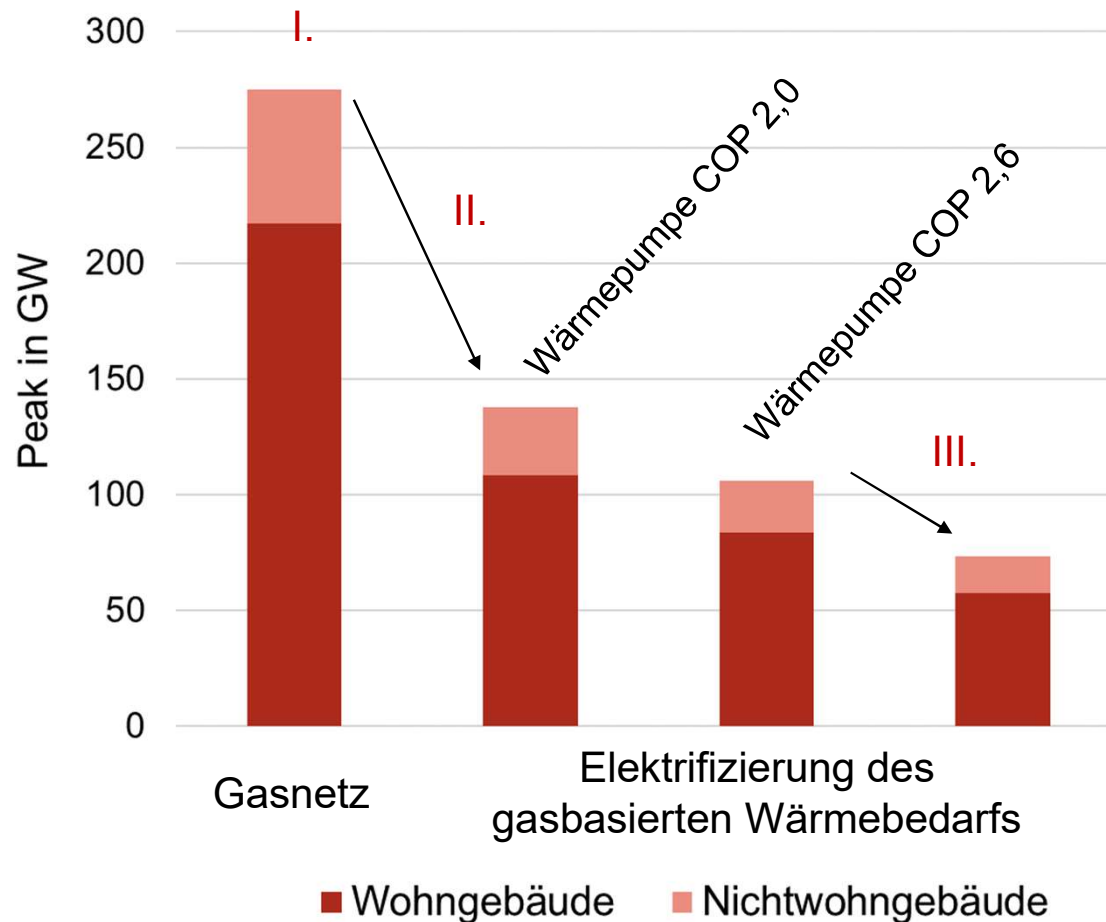


I. Peakleistung der gasbasierten
Wärmeerzeugung: **275,13 GW**

Peakleistungen der Wärmeerzeugung

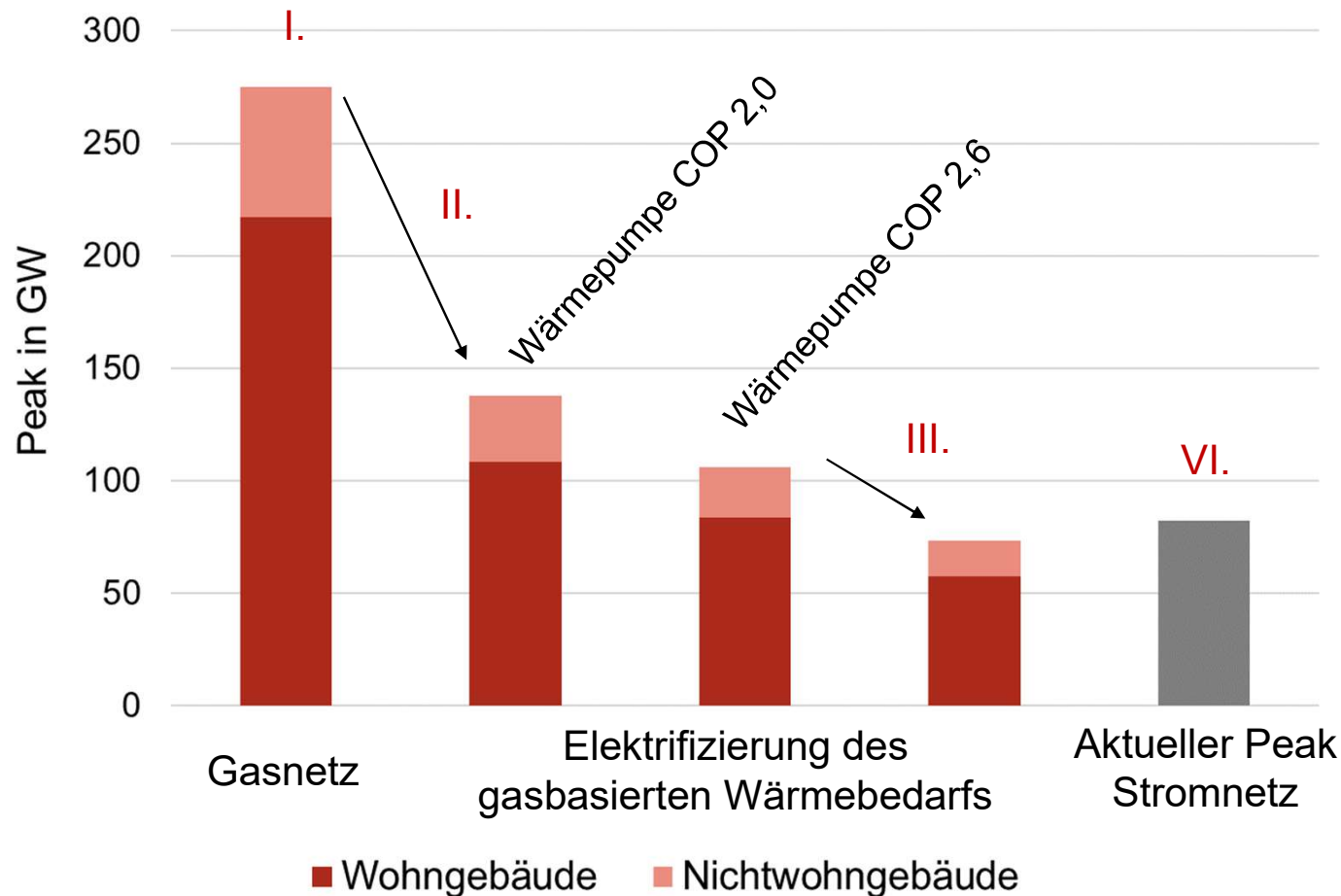


Peakleistungen der Wärmeerzeugung



- I. Peakleistung der gasbasierten Wärmeerzeugung: **275,13 GW**
- II. Tausch der Gaskessel gegen Wärmepumpen bei ansonsten gleichen Randbedingungen
- III. 12 cm Außenwanddämmung (Wohngebäude). Annahme vergleichbarer Einsparpotentiale im NWG-Bereich. 100 % modulierende Wärmepumpen

Peakleistungen der Wärmeerzeugung



- I. Peakleistung der gasbasierten Wärmeerzeugung: **275,13 GW**
- II. Tausch der Gaskessel gegen Wärmepumpen bei ansonsten gleichen Randbedingungen
- III. 12 cm Außenwanddämmung (Wohngebäude). Annahme vergleichbarer Einsparpotentiale im NWG-Bereich. 100 % modulierende Wärmepumpen
- IV. Aktuelle Peakleistungen im Stromnetz bewegen sich in ähnlicher Größenordnung.

Ansätze zur Untersuchung der zukünftigen Netzbelastung

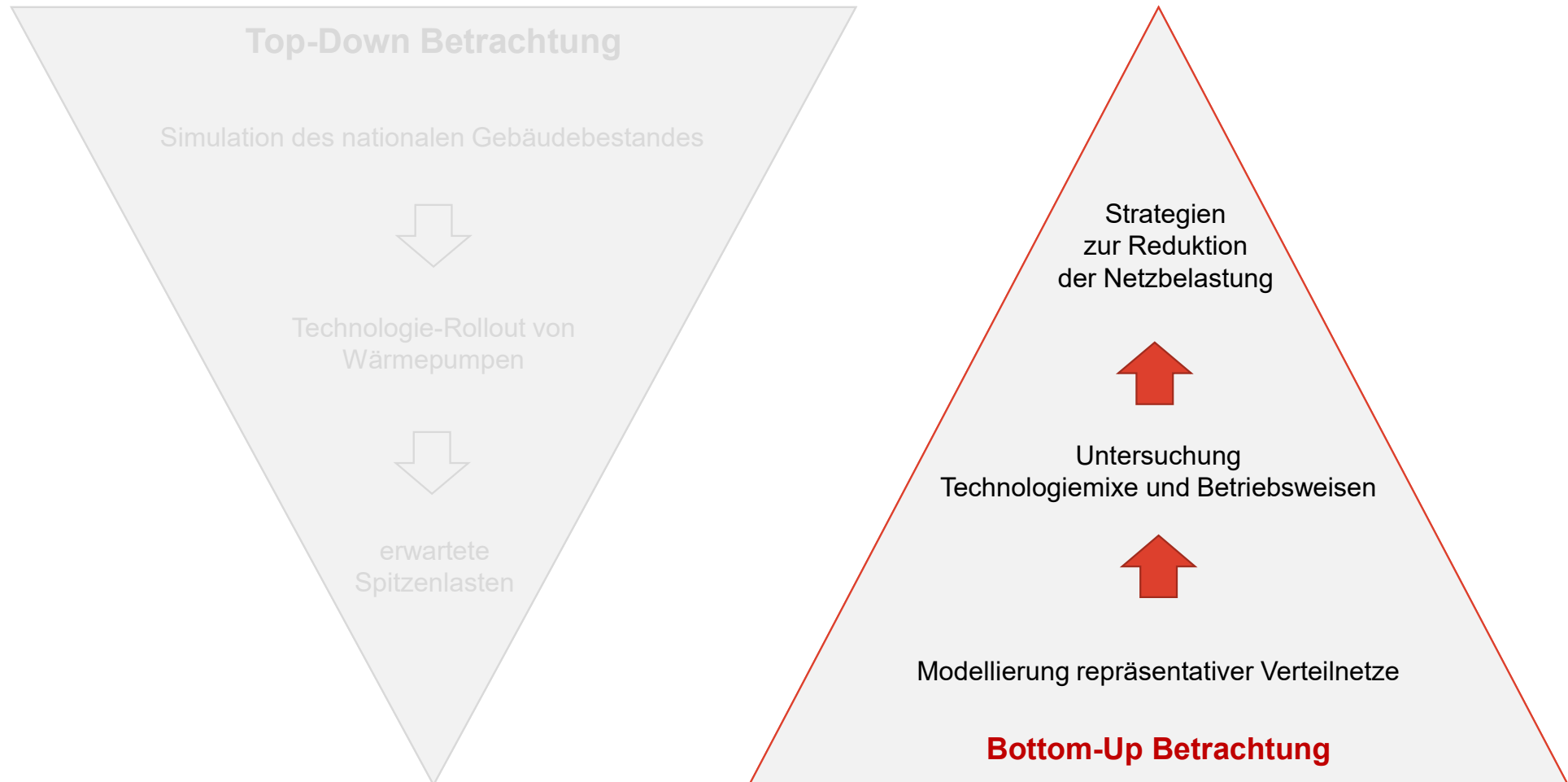


Abbildung eines vorstädtischen Niederspannungsnetzes

Vorstadtnetz



- Typisches Vorstadtnetz nach Kerber
- TABULA Gebäudetypen auf Basis des Gebäudebestands in Deutschland ^[1]
- Berücksichtigung der Sanierungsraten ^[7]
- Ermittlung der Bedarfe mit stochastischen Modellen und Simulationsmodellen

Anlagen	Effizienzkennzahlen	Energieträger	CO2 - Faktor
Gas-BW-Kessel	$\eta = 97 \%$	Strombezug Netz	400 g/kWh
BHKW	$\omega = 92 \%, \sigma = 0,49$	Erdgas	200 g/kWh
Luft-Wasser-WP	$COP_{A2W35} = 3.7$		
	$COP_{A2W55} = 2.5$		

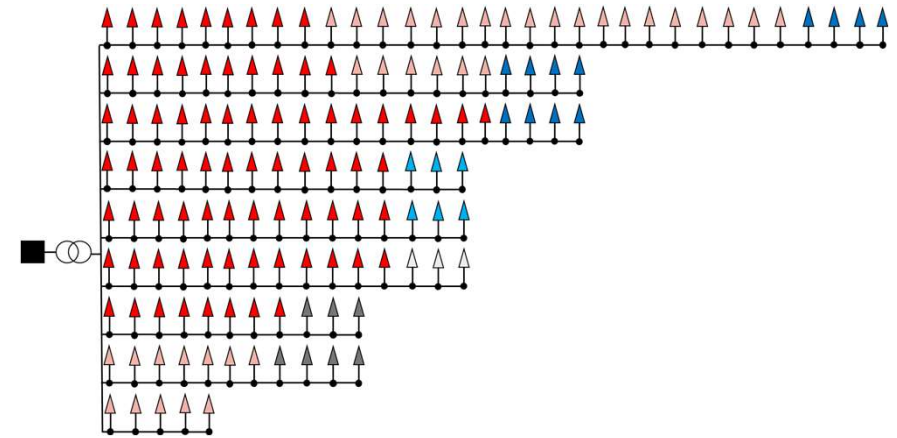
Weitere Randbedingungen der Simulation



- DWD Testreferenzjahr 2015



- Standort Potsdam



Trafostation



Hausanschluss



2010er EFH



1980er EFH



2010er MFH mit 6 WE



1980er MFH mit 6 WE



2010er MFH mit 10 WE



1980er MFH mit 10 WE

Analyse der Netzauslastung im Vorstadtnetz



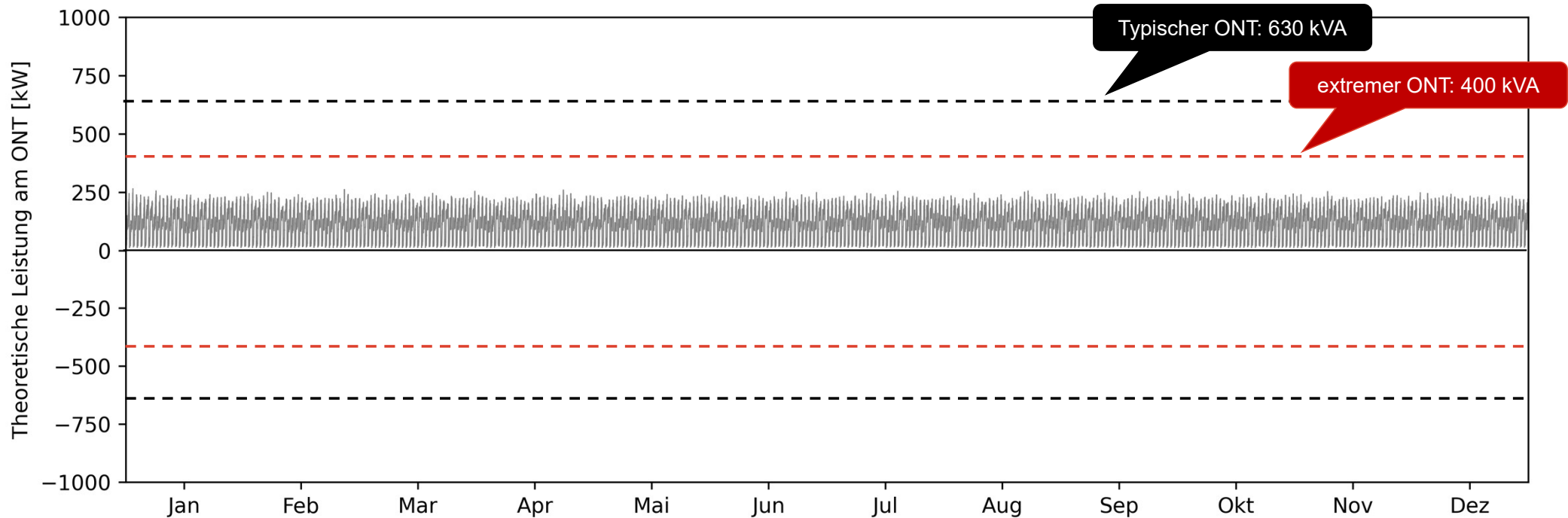
144 Wohneinheiten
(Ein- & Mehrfamilienhäuser)



Durchschnittlicher
Haushaltsstrombedarf



Vorstädtisches
Niederspannungsnetz



Analyse der Netzauslastung im Vorstadtnetz



144 Wohneinheiten
(Ein- & Mehrfamilienhäuser)



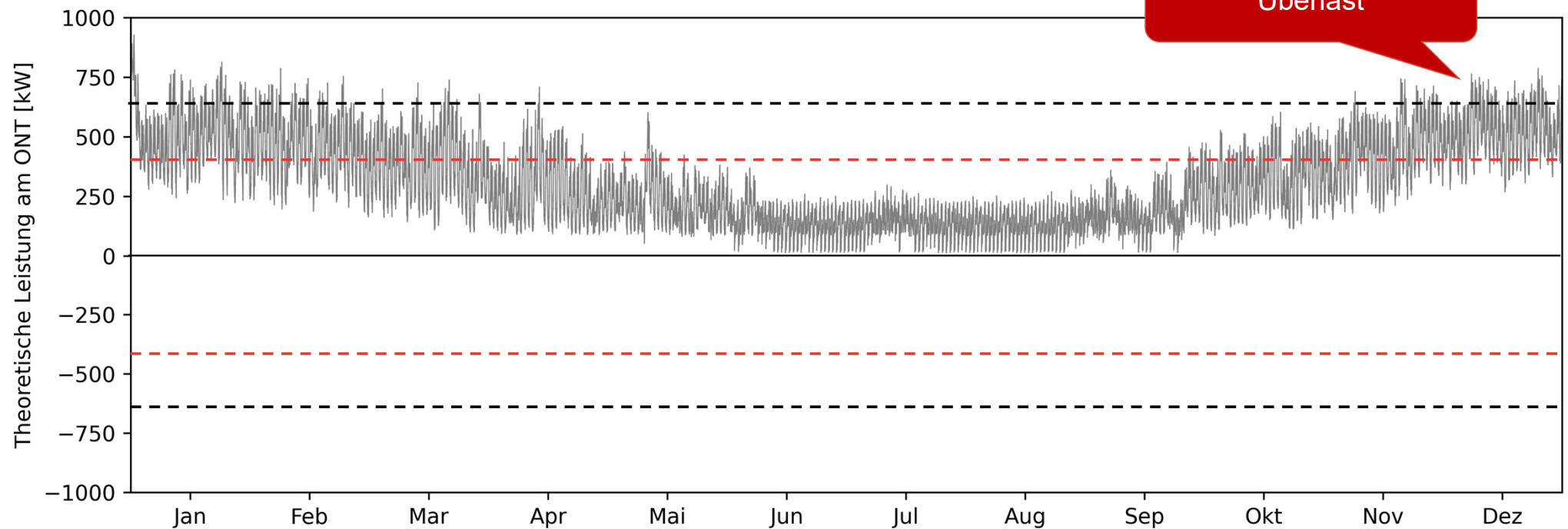
Durchschnittlicher
Haushaltsstrombedarf



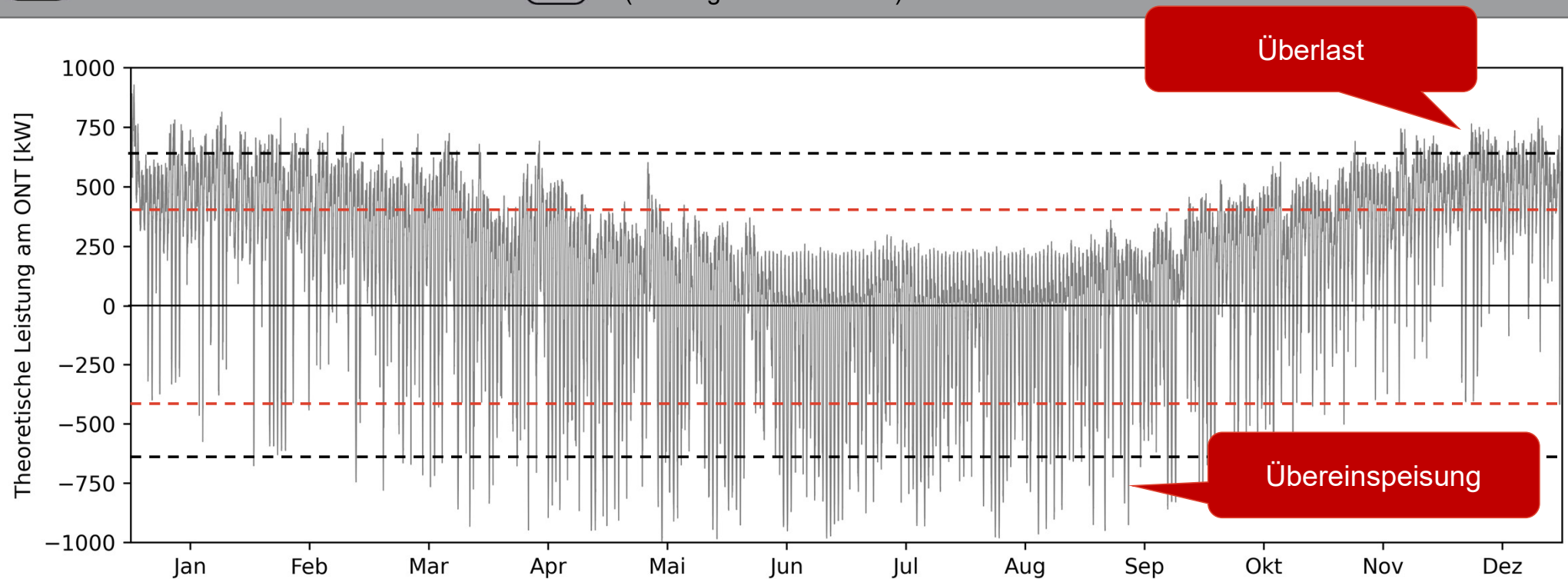
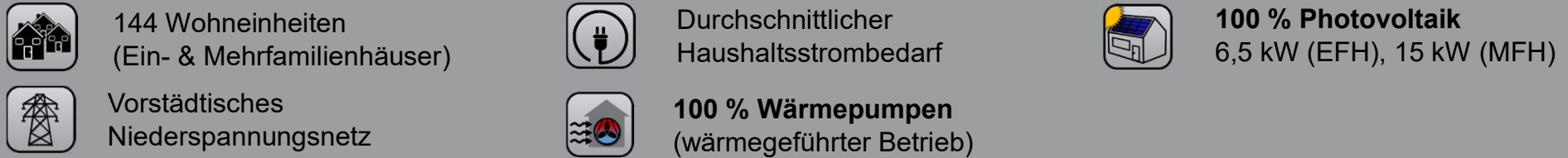
Vorstädtisches
Niederspannungsnetz



100 % Wärmepumpen
(wärmegeführter Betrieb)



Analyse der Netzauslastung im Vorstadtnetz



Analyse der Netzauslastung im Vorstadtnetz



144 Wohneinheiten
(Ein- & Mehrfamilienhäuser)



Durchschnittlicher
Haushaltsstrombedarf



100 % Photovoltaik
6,5 kW (EFH), 15 kW (MFH)



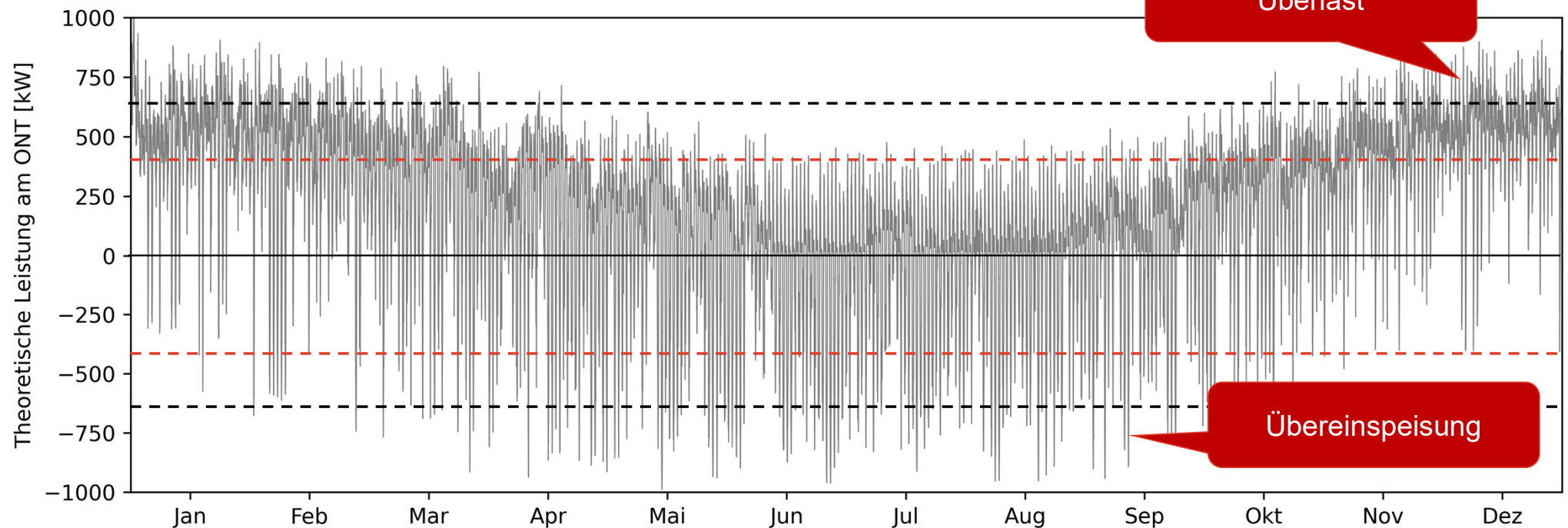
Vorstädtisches
Niederspannungsnetz



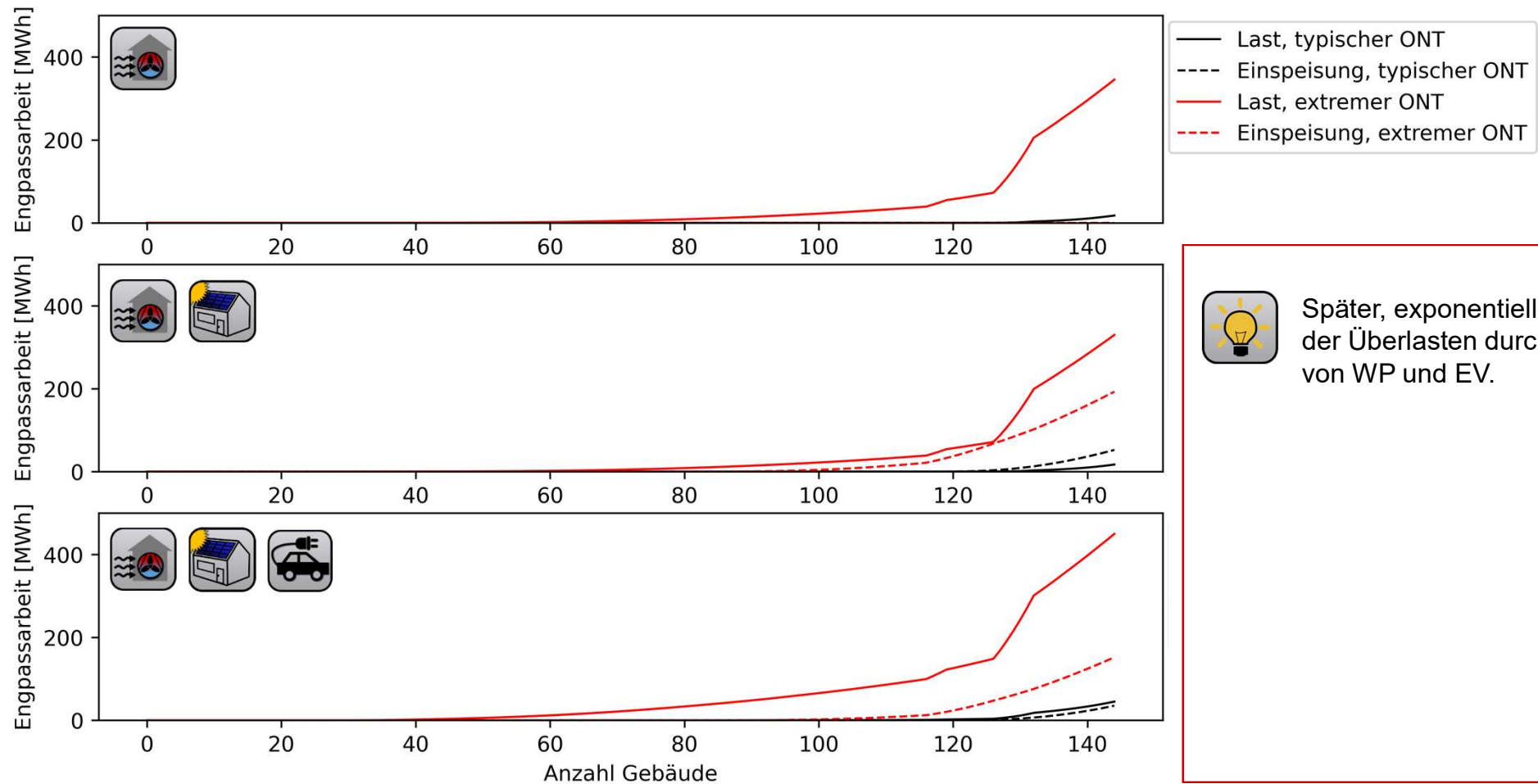
100 % Wärmepumpen
(wärmegeführter Betrieb)



100 % Elektroautos
35 kWh Batterie, 11 kW Ladeleistung

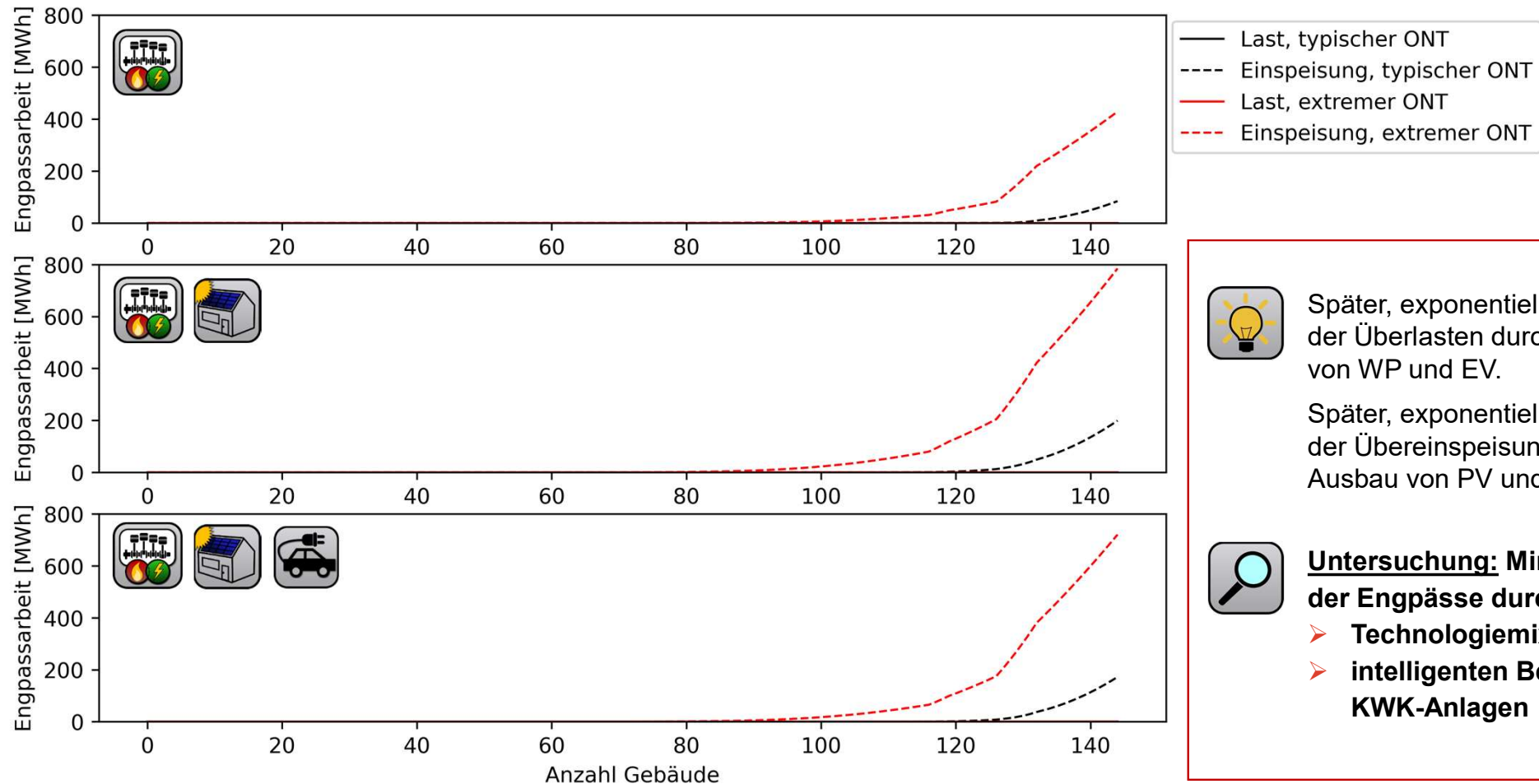


Netzengpässe beim Zubau von Wärmepumpen



Später, exponentieller Anstieg der Überlasten durch Ausbau von WP und EV.

Netzengpässe beim Zubau von KWK-Anlagen



Später, exponentieller Anstieg der Überlasten durch Ausbau von WP und EV.

Später, exponentieller Anstieg der Übereinspeisung durch Ausbau von PV und KWK.



Untersuchung: Minimierung der Engpässe durch

- **Technologiemix im Quartier**
- **intelligenten Betrieb der KWK-Anlagen**

Bottom-Up Szenarienbetrachtung



144 Wohneinheiten
(Ein- & Mehrfamilienhäuser)



Vorstädtisches
Niederspannungsnetz



Durchschnittlicher
Haushaltsstrombedarf

Szenario 1



Gaskessel in Einfamilienhäusern



Gaskessel in Mehrfamilienhäusern

Szenario 2



Gaskessel in Einfamilienhäusern



Mini-KWK-Anlagen in Mehrfamilienhäusern

Szenario 3



Wärmepumpen in Einfamilienhäusern



Gaskessel in Mehrfamilienhäusern

Szenario 4

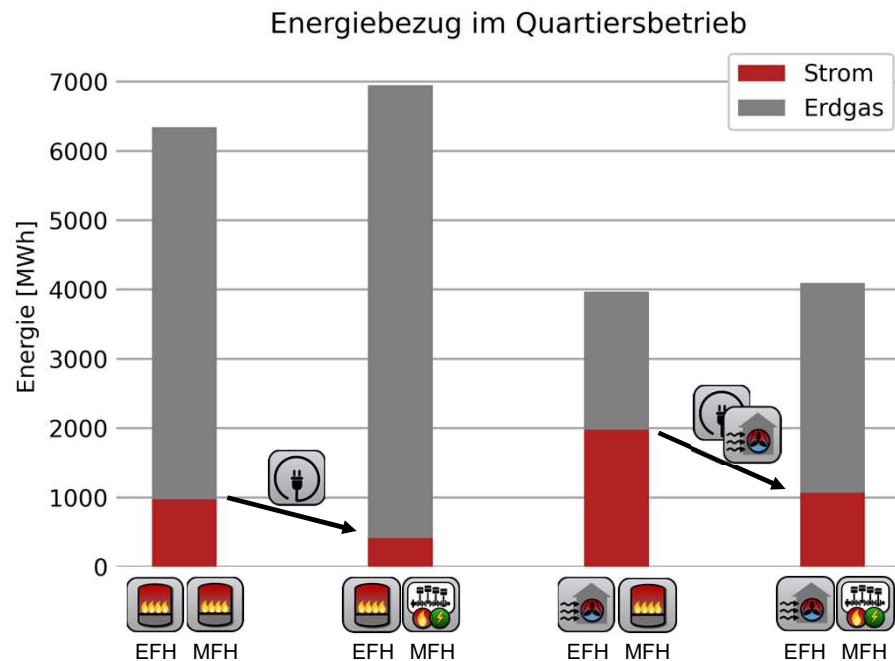


Wärmepumpen in Einfamilienhäusern

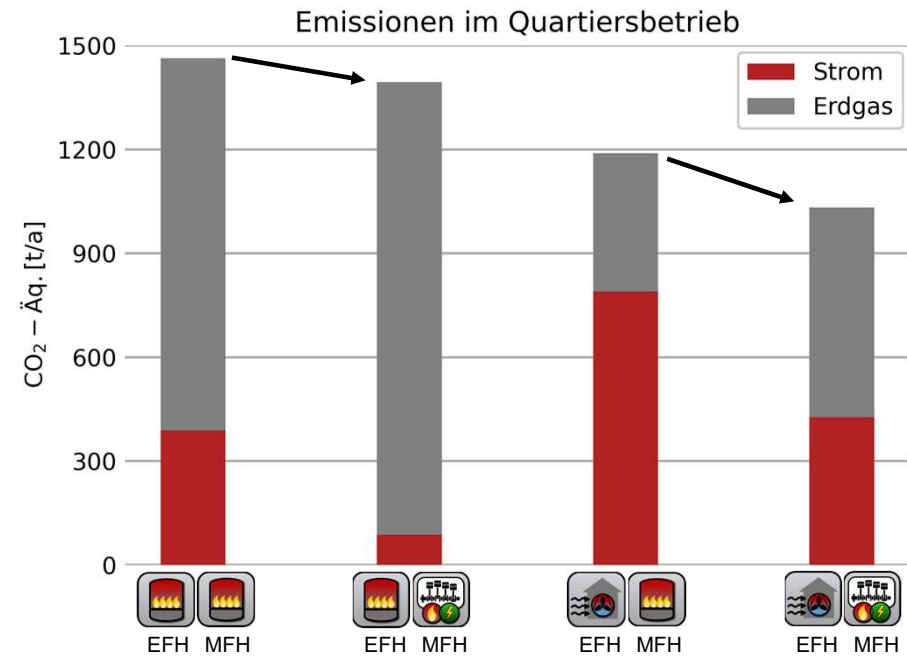


Mini-KWK-Anlagen in Mehrfamilienhäusern

Einfluss der KWK-Anlagen und Wärmepumpen auf den Energiebezug und die Emissionen

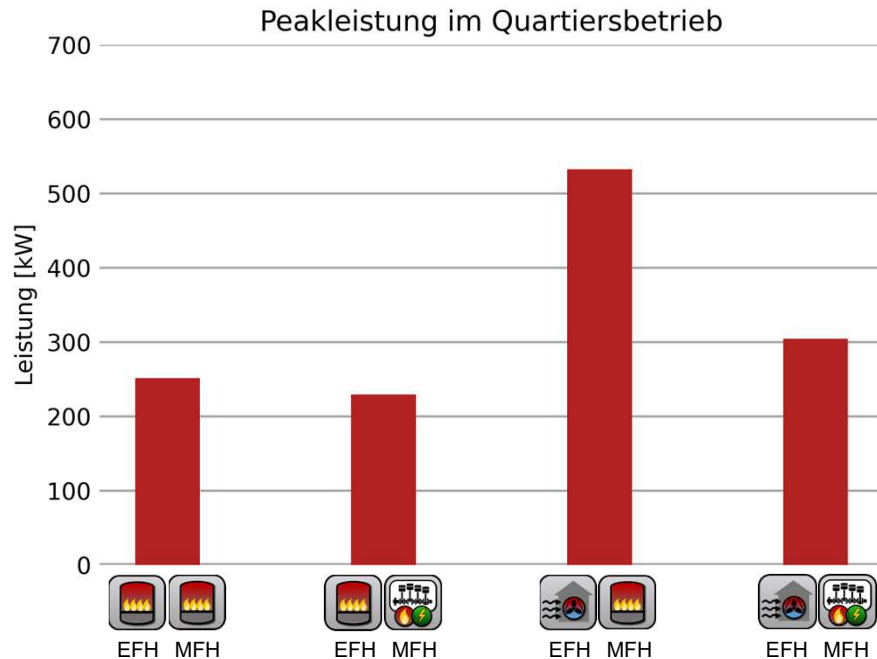


KWK-Anlagen können zu einer signifikanten Reduktion des Strombezugs aus der übergeordneten Netzebene beitragen.

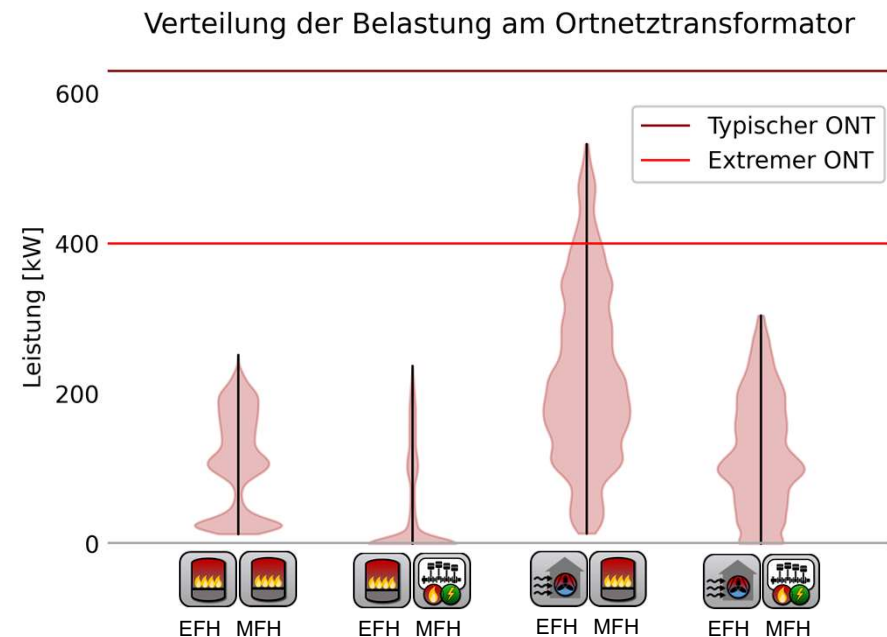


KWK-Anlagen können zu einer Reduktion der insgesamt verursachten Emissionen beitragen.

Einfluss der KWK-Anlagen und Wärmepumpen auf die Belastung im Stromnetz

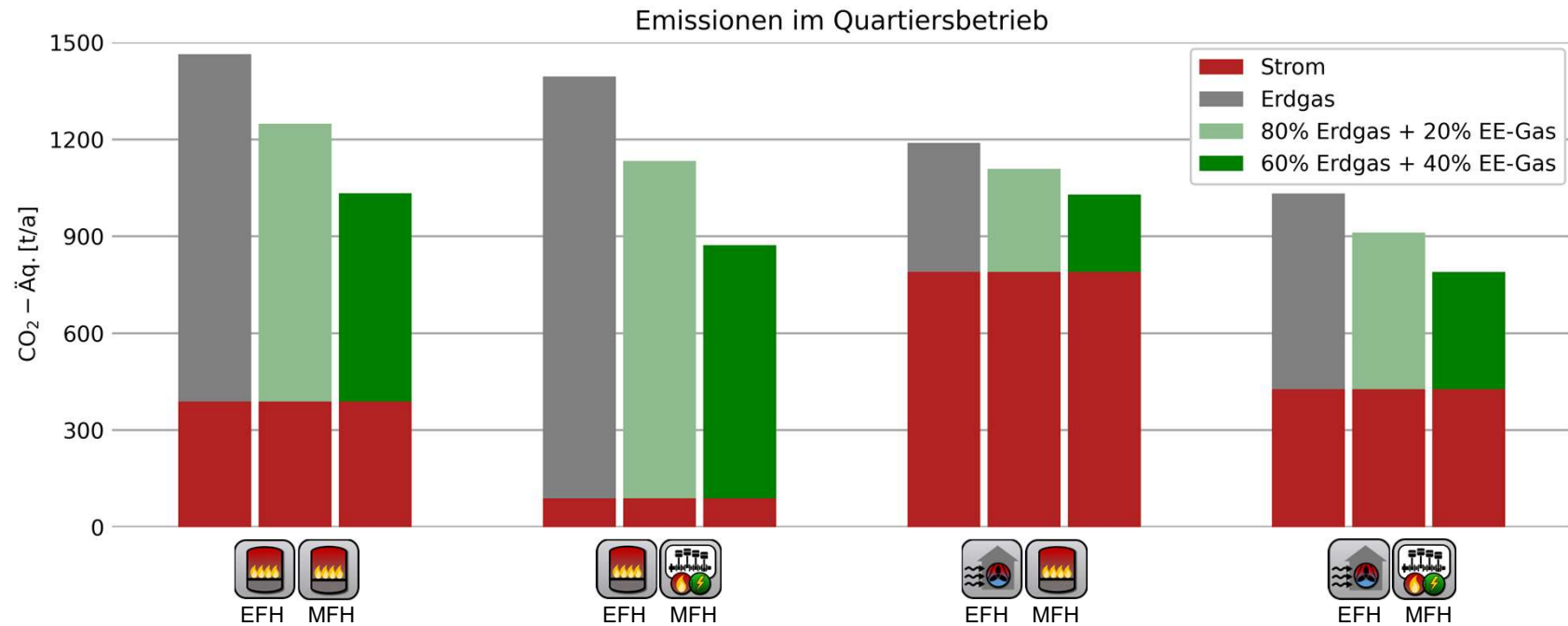


KWK-Anlagen können zu einer signifikanten Reduktion der elektrischen Peak-Leistung im Quartier beitragen.



Reduktion der Belastung sowohl durch WP-Strombezug als auch durch Haushaltsstrombezug.

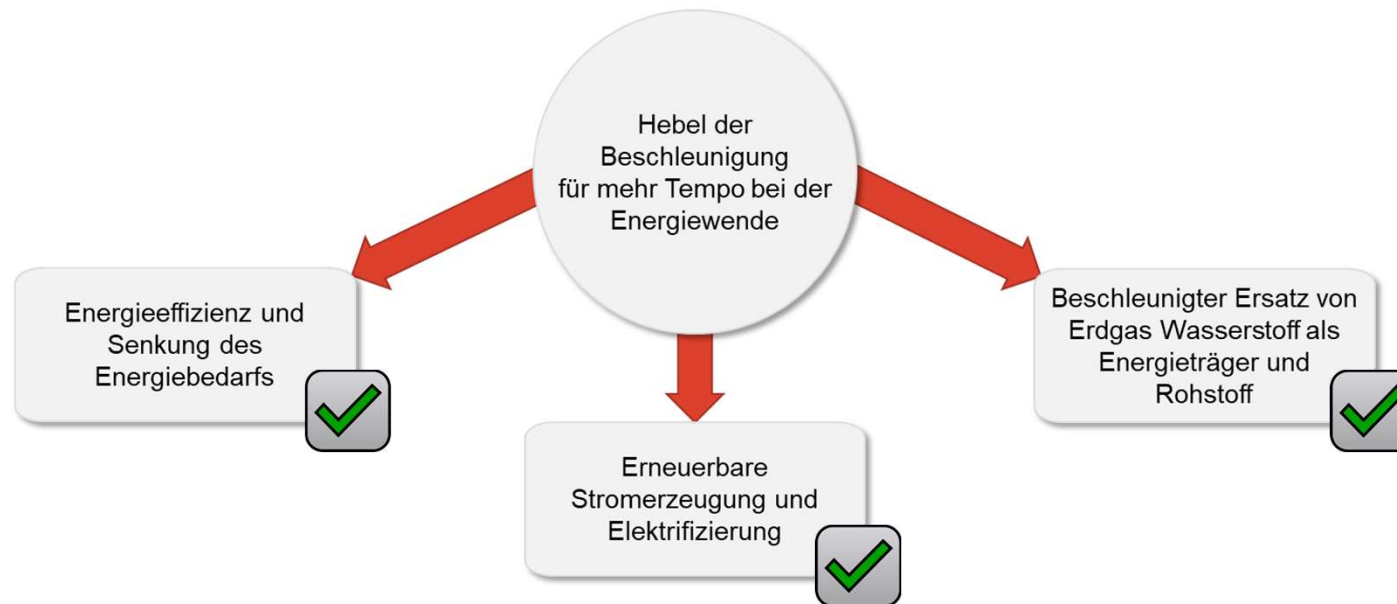
Einfluss des Einsatzes von EE-Gas auf die Emissionen



Die Beimischung von EE-Gas kann zu einer signifikanten Reduktion der insgesamt verursachten Emissionen beitragen.

Zusammenfassung & Fazit

- Flächendeckender Einsatz von Wärmepumpen als Herausforderung für das Stromnetz
 - Lokale Netzentlastung und Resilienz mittels intelligent betriebener KWK-Anlagen
 - Nutzung von Speichern für Lastmanagement
- Reduktion lokaler Primärenergiebedarfe und CO₂-Emissionen durch einen systemischen Quartiersbetrieb
 - Weitere Reduktion der CO₂-Emissionen durch Beimischung von grünem Wasserstoff möglich





RWTH Aachen University
E.ON Energy Research Center
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller

dmueller@eonerc.rwth-aachen.de

EBC | Institute for Energy Efficient
Buildings and Indoor Climate



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Referenzen

- [1] TABULA: TABULAWebTool. <http://webtool.building-typology.eu/#bm>. Version: 201^6
- [2] BDEW: „Wie heizt Deutschland?“ (2019) Studie zum Heizungsmarkt, September 2019
- [3] Navigant: Sanierungshemmnisse bei gewerblichen Nichtwohngebäuden, Bericht an: KfW Bankengruppe, 2019
- [4] UBA: Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 – 2014, 2017, Seite 60
- [5] Dena: Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, 2016
- [6] Dena: Vorbereitende Untersuchungen zur Erarbeitung einer langfristigen Renovierungsstrategie
nach Art 2a der EU Gebäuderichtlinie RL 2018/844 (EPBD). Ergänzung zum Endbericht –16.09.2019
- [7] Umweltbundesamt, Bericht Wohnen und Sanieren, 2019