

A close-up photograph of a row of dark-colored radiators, likely in a building's heating system, is shown in the background of the slide.

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

DEKARBONISIERUNG DER WÄRMEVERSORGUNG

DES GEBÄUDEBESTANDS MIT KALTER NAHWÄRME



Lehrstuhl  
Energiesysteme &  
Energiewirtschaft

17. Symposium Energieinnovationen in Graz (16.-18.02.2022) – Michel Gross, Christine Nowak

## Agenda

- 1 Fragestellung und Vorgehen
- 2 Technische Untersuchung
- 3 Ökonomische Untersuchung
- 4 Ökologische Untersuchung
- 5 Einordnung und Zusammenfassung

# Forschungsfrage und Vorgehen

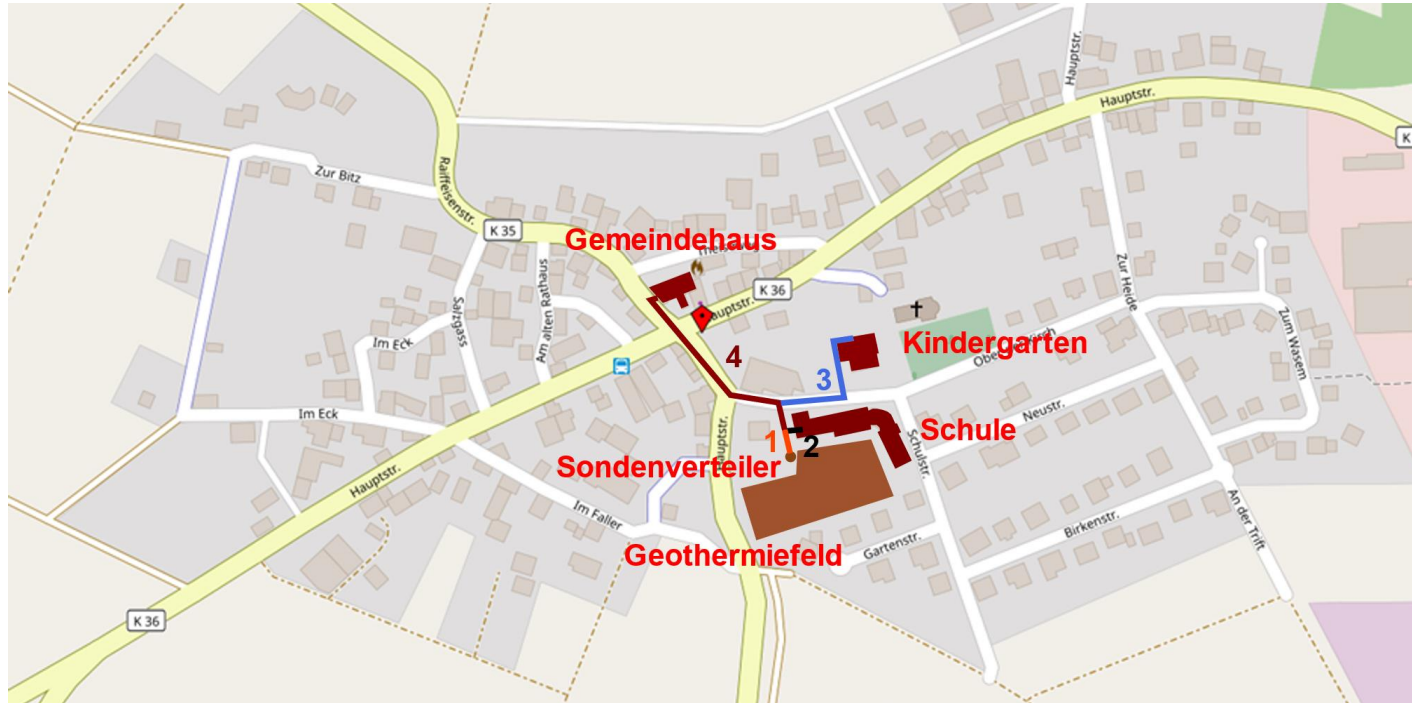
# Forschungsfrage

---

*Ist es technisch machbar sowie ökonomisch und ökologisch darstellbar, die Heizwärmebedarfe von drei Liegenschaften durch Kalte Nahwärme in Verbindung mit Geothermie zu decken?*

---

# Untersuchungsgebiet



Bildquelle des Kartenausschnittes: <https://www.openstreetmap.de/>

Gemeindehaus



Kindergarten



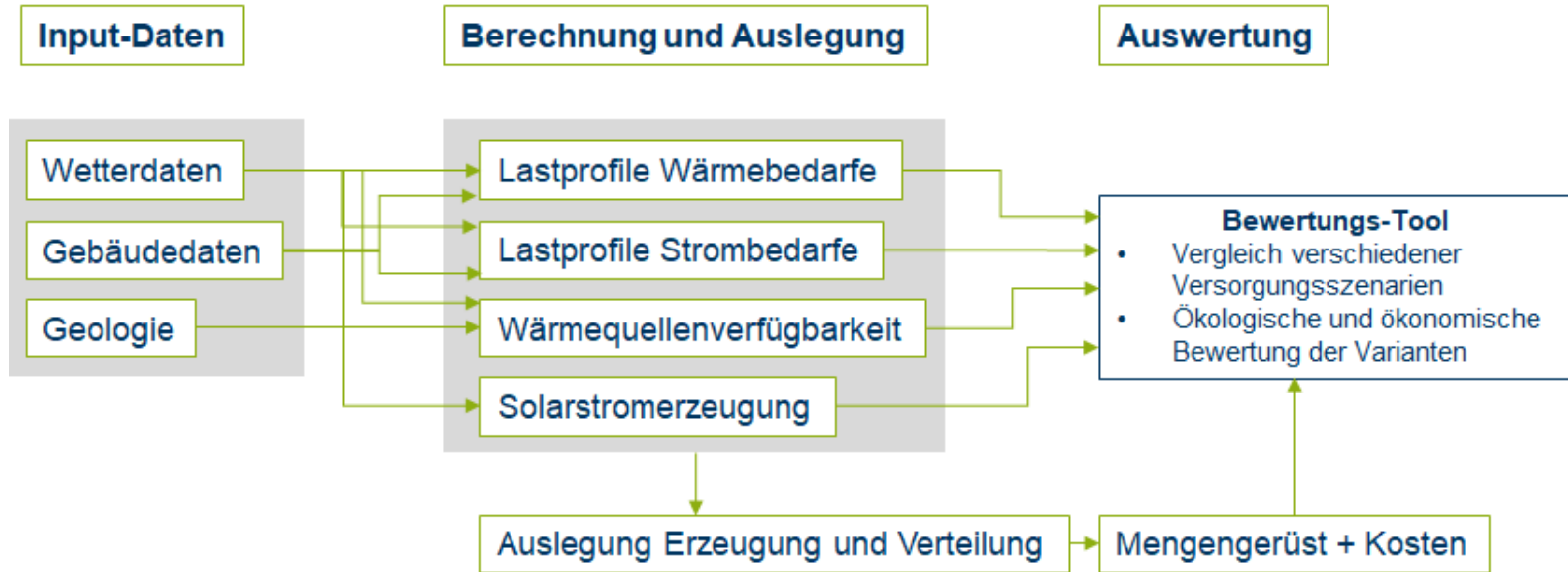
Schule



Freifläche hinter der Schule



# Methodik



# Literaturrecherche

## Ist es möglich, Bestandsgebäude mit Niedertemperaturwärme zu beheizen?

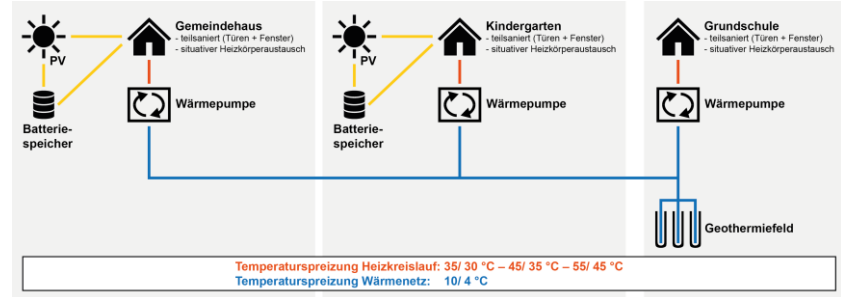
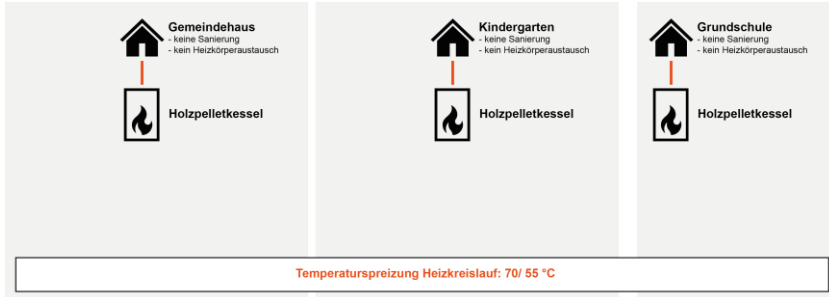
Gebäude	Heizkörper	Wärmeerzeuger
<ul style="list-style-type: none"><li>• Verbesserung der Gebäudedämmung</li><li>• Durchführung von Fensteraustausch</li><li>• Einstellung der Raumzieltemperatur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Auswahl der Heizkörpertypen</li><li>• Überdimensionierung von Heizkörpern</li><li>• Optimierung des Heizbetriebs</li><li>• Austausch von kritischen Heizkörpern</li><li>• Einstellung der Heizvorlauftemperatur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Auswahl der Wärmequellen</li><li>• Auswahl der Wärmeerzeugungstechnologien</li></ul>

- Kombination aus obigen Maßnahmen kann wesentliche Reduzierung der Heizvorlauftemperatur bewirken
- Räume mit sehr hohen thermischen Ansprüchen können kritisch sein

# Technische Untersuchung

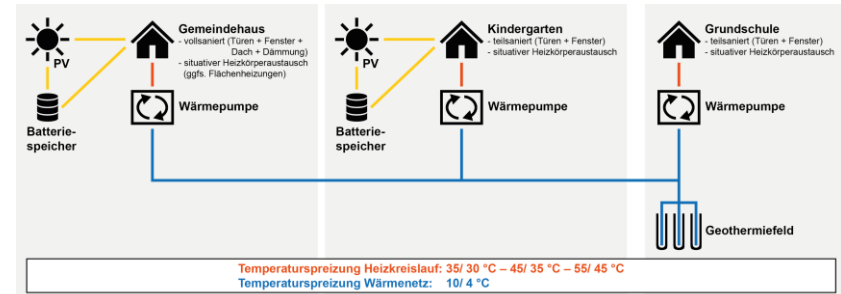
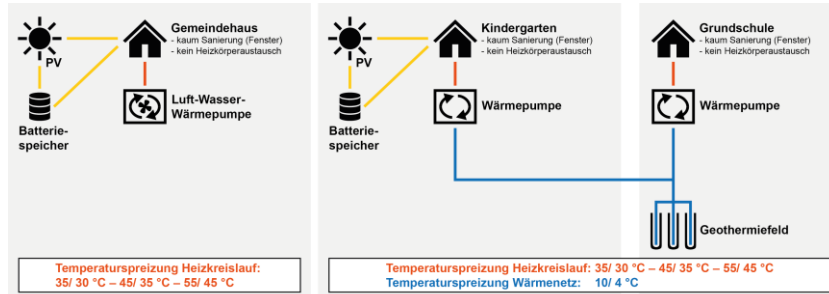


# Szenarien der Untersuchung



## Referenzszenario Blau (keinNetz-3Pellet-unsan.)

## Szenario Orange (3Netz-3EWP-2PV&Bat-teilsan.)

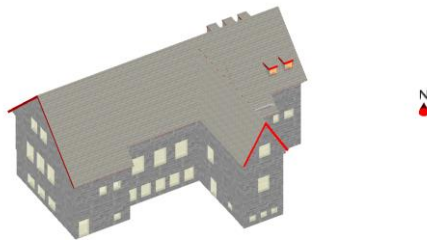


## Szenario Schwarz (2Netz-2EWP-1LWP-2PV&Bat-unsan.)

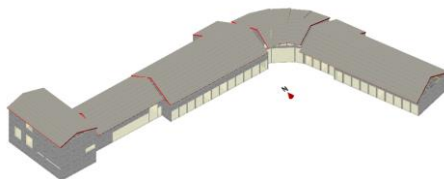
## Szenario Grün (3Netz-3EWP-2PV&Bat-vollsan.)

# Technische Ergebnisse

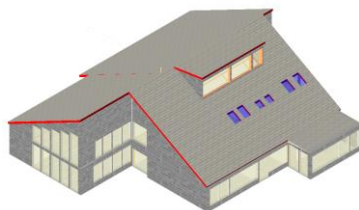
## Gebäude



## Gemeindehaus:



## Grundschule:



## Kindergarten:

Szenario	Heizleistung*1	Wärmebedarf*2
Referenzszenario	29 kW	32.045 kWh
Szenario Orange	27,3 kW	27.613 kWh
Szenario Schwarz	27,4 kW	28.147 kWh
Szenario Grün	20,7 kW	20.718 kWh

Szenario	Heizleistung*1	Wärmebedarf*2
Referenzszenario	66,5 kW	70.195 kWh
Szenario Orange	60,5 kW	60.362 kWh
Szenario Schwarz	60,7 kW	60.648 kWh
Szenario Grün	60,5 kW	60.365 kWh

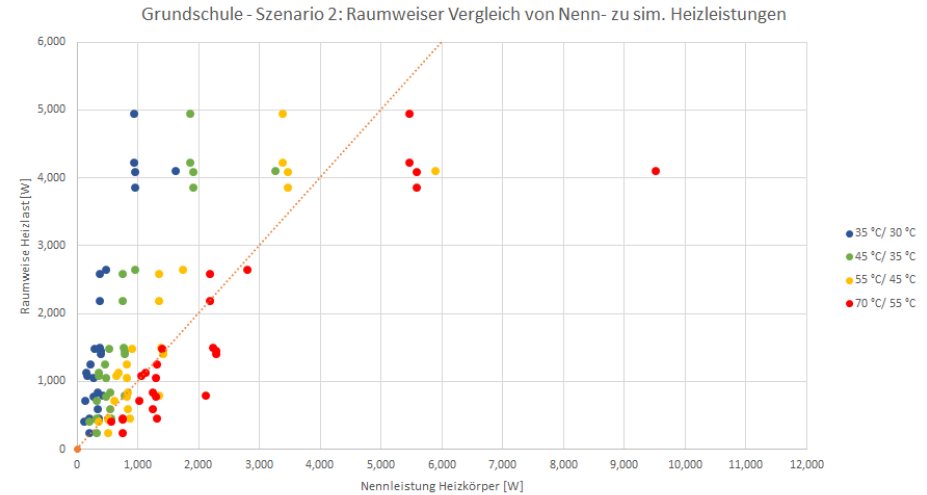
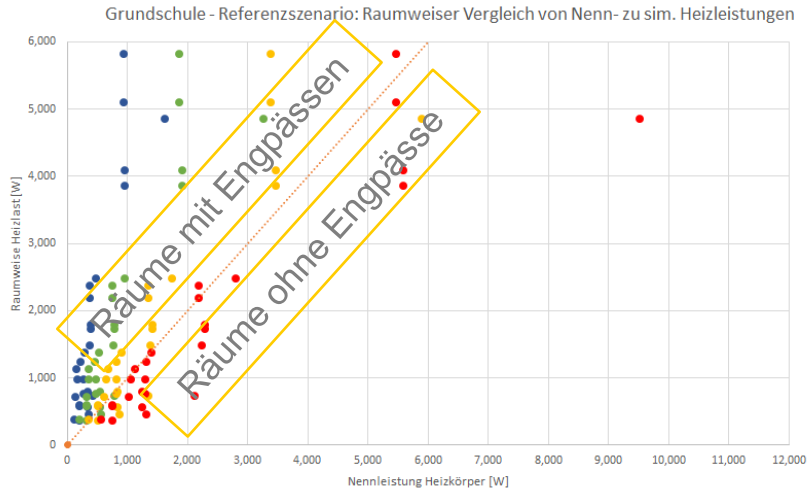
Szenario	Heizleistung*1	Wärmebedarf*2
Referenzszenario	48,9 kW	68.893 kWh
Szenario Orange	40 kW	54.355 kWh
Szenario Schwarz	40,5 kW	54.900 kWh
Szenario Grün	40 kW	54.354 kWh

\*1 Berechnung Heizlast nach DIN EN 12831-1, 2020

\*2 Berechnung Wärmebedarfe durch Gebäudesimulation mit TRY

# Technische Ergebnisse

## Heizkörperanalyse



- Auslegung am kältesten Tag des Jahres (-10,1 °C)
- Realität wird etwas überschätzt

# Technische Ergebnisse

## Geothermie

- Bodenwerte von LGB-RP für 5 Bohrungen im Umkreis
- Erdbodentemperaturen der Region
- typische Erdwärmesonden- und Bohrlochparameter
- montl. Wärmebedarfe für das Wärmenetz
- Berechnung Entzugsleistung anhand von Huber (2005)<sup>1</sup>
- 6 °C Wärmenetztemperatur
- Wärmenetzverluste von 5 %

	jährl. Entzugsenergie	Sondenanzahl	Reihen	Sonden pro Reihe	Sondenabstand
Szenario Orange	121 MWh/a	16	2	8	10 m
Szenario Schwarz	99 MWh/a	14	2	7	10 m
Szenario Grün	115 MWh/a	16	2	8	10 m
max. Wärmeentzug	190 MWh/a	30	3	10	10 m
	300 MWh/a	85	5	17	6 m

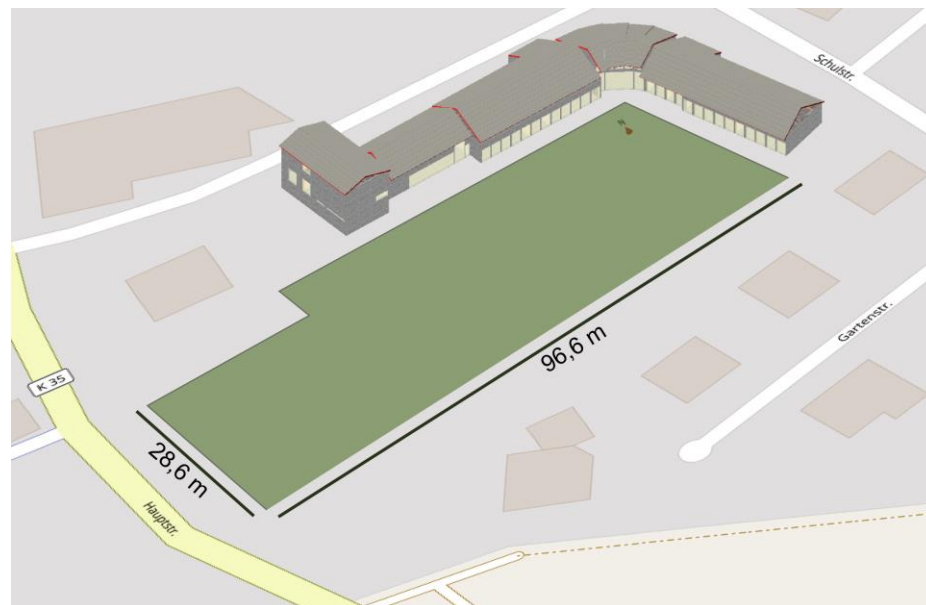


Abbildung: Maximale Abmessungen des möglichen Geothermiefeldes am Standort Grundschule (Karte aus OpenStreetMap)

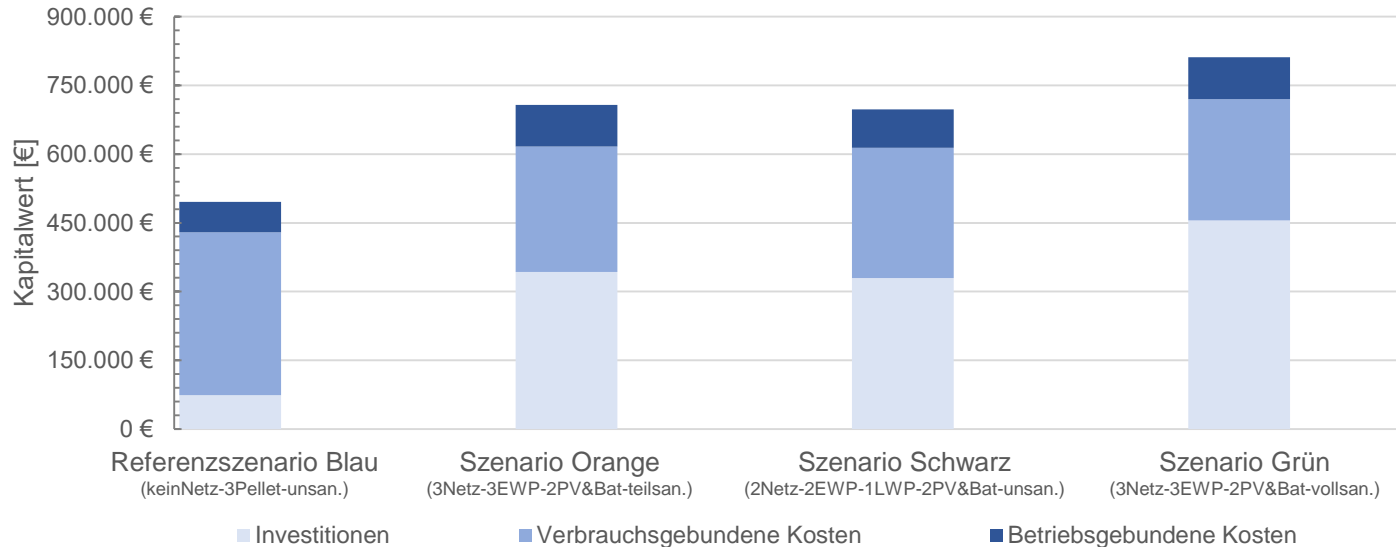
<sup>1</sup> HUBER, A.: Erdwärmesonden für Direktheizung. Phase 1: Modellbildung und Simulation. Schlussbericht. BUNDESAMT FÜR ENERGIE BFE (Hrsg.), 2005.

# Ökonomische Untersuchung

# Ökonomische Ergebnisse

Betrachtungszeitraum	Startjahr	Kalkulatorischer Zinssatz	Einspeisevergütung	Betriebsgebundene Kosten	Energiepreis Strom	Energiepreis Pellets	Preissteigerungsrate für Energie
[a]	[-]	[%]	[ct/kWh <sub>el</sub> ]	[% d. Invest.]	[ct/kWh <sub>el</sub> ]	[ct/kWh <sub>el</sub> ]	[%]
<b>Referenzen</b>							
20	2021	2	7,25	1-3	22,435	5	2
RUB	RUB	AG <sup>1</sup>	EEG21 bis 40 kW <sub>el</sub>	VDI 2067	AG <sup>1</sup>	DEPI	RUB/ EZB

<sup>1</sup>Auftraggeber



Anmerkung: Alle Ergebnisse für die Temperaturspreizung des Heizkreislaufs: 55/45 °C

# Ökonomische Ergebnisse

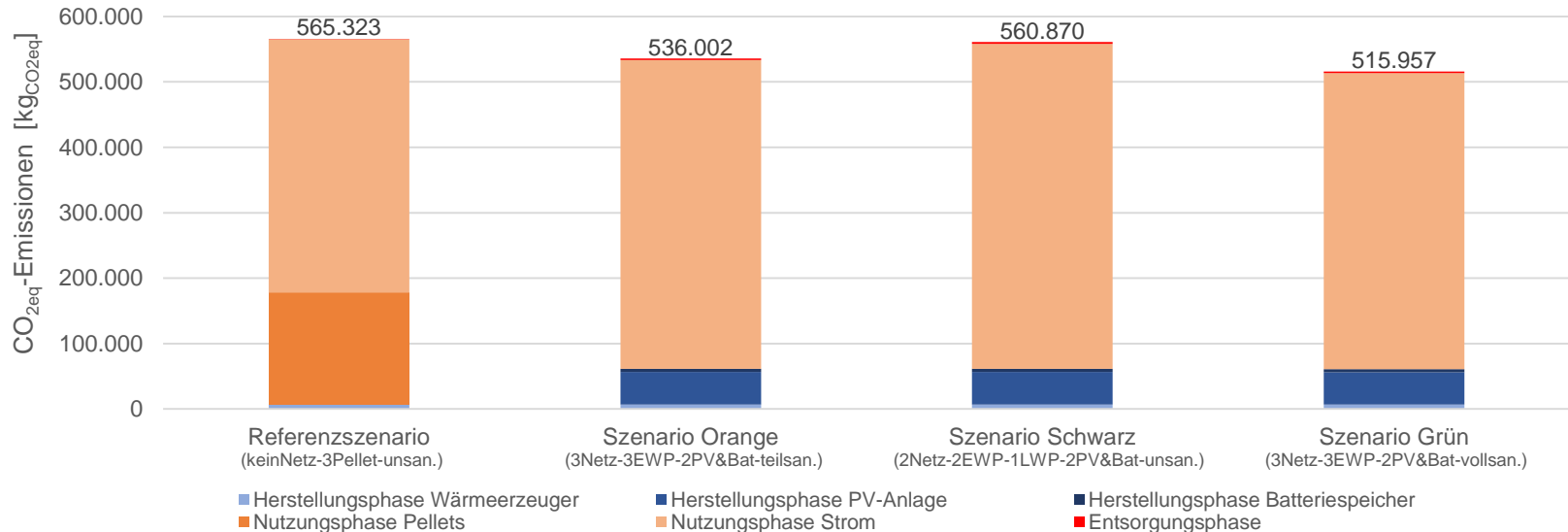
Szenario	Investitionen	Verbrauchs- gebundene Kosten	Betriebs- gebundene Kosten	Gesamt- kosten	Vergütung durch PV- Einspeisung	Annuität	Wärmegestehungs- kosten
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/a]	[ct/kWh <sub>th</sub> ]
Referenzszenario Blau (keinNetz-3Pellet-unsan.)	73.500	356.065	66.101	495.665	0	30.313	9,08
Szenario Orange (3Netz-3EWP-2PV&Bat- teilsan.)	342.713	273.600	91.216	694.771	12.758	42.490	17,91
Szenario Schwarz (2Netz-2EWP-1LWP- 2PV&Bat-unsan.)	329.239	284.290	84.500	685.575	12.453	41.928	17,42
Szenario Grün (3Netz-3EWP-2PV&Bat- vollsan.)	455.113	265.090	91.216	798.431	12.987	48.829	22,65

# Ökologische Untersuchung

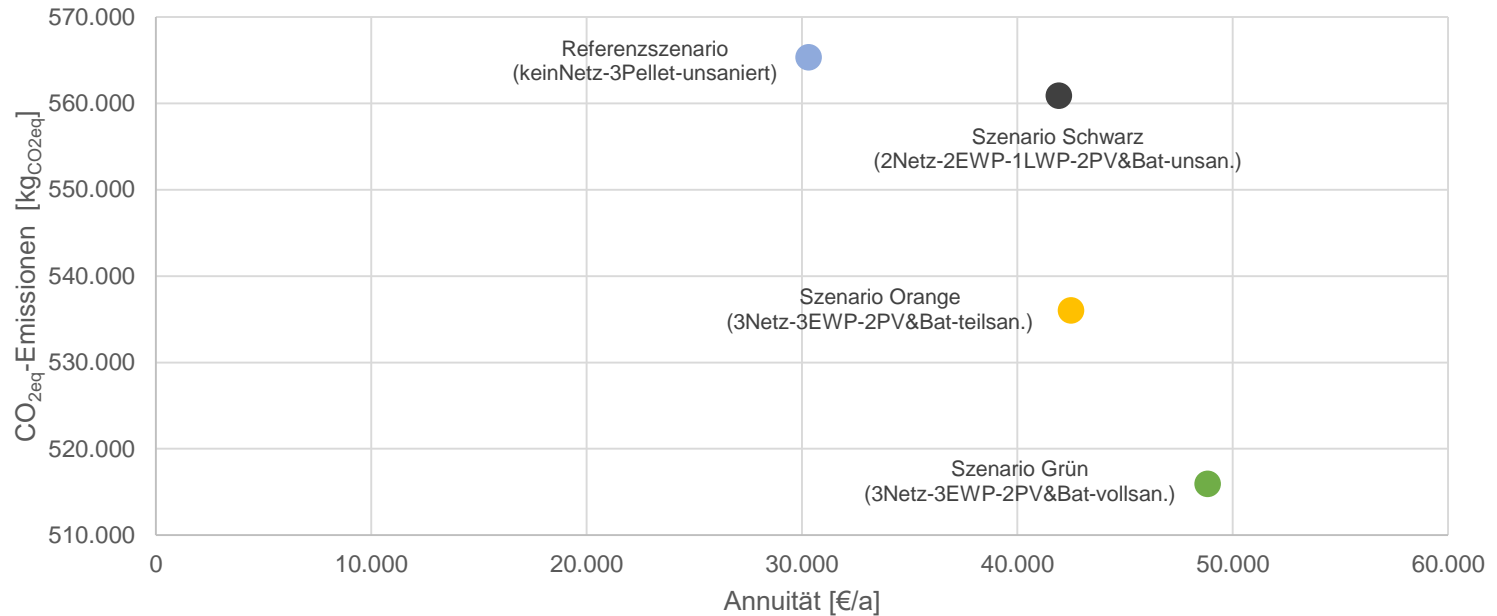


# Ökologische Ergebnisse

- Ökobilanzielle Untersuchung des gesamten Lebenszyklus inkl. Emissionen der vorgelagerten Prozessketten
- Berücksichtigung der Wärmeerzeuger, PV-Anlagen und Batteriespeicher
- Nutzungsdauer von 20 Jahren
- CO<sub>2</sub>-Äquivalente berücksichtigt



# Gegenüberstellung: Ökonomisch-ökologische Ergebnisse



# Einordnung und Zusammenfassung

# Einordnung der Ergebnisse

- Abhängigkeit von getroffenen Annahmen (Gebäudephysik, Annahmen Kosten etc.)
- Kosten für Fachplanung nicht berücksichtigt
- Förderungen in ökonomischer Betrachtung nicht inbegriffen
- Ökologische Analyse fokussiert auf CO<sub>2</sub>-Äquivalenten
- Durchschnittliche Emissionsfaktoren, keine dynamische – stetig grüner werdender Strom verbessert Ökologie strombasierter Versorgungsvarianten

# Schlussfolgerungen

---

*Ist es technisch machbar sowie ökonomisch und ökologisch darstellbar, die Heizwärmebedarfe von drei Liegenschaften durch Kalte Nahwärme in Verbindung mit Geothermie zu decken?*

---

- Reduzierung der Heizvorlauftemperatur möglich und sinnvoll
    - Ermöglicht Einsatz von Wärmepumpen
    - Kann in manchen Räumen zu Unterdeckung der Heizlast führen  
→ Detailplanung notwendig und evtl. Vergrößerung der Heizflächen
  - Kaltes Nahwärmenetz mit Geothermie technisch umsetzbar
    - Bereich hinter Schule weist gute Ergiebigkeit auf und kann weiterhin für den Schulbetrieb genutzt werden
  - PV ermöglicht Einsparungen
  - Biomasse kann Beitrag leisten. Aber umfangreich im Wärmesektor?
- **Ergebnisse deuten auf eine technische Machbarkeit eines kalten Nahwärmenetzes mit geothermischer Wärmequelle und Wärmepumpe hin**

# Vielen Dank für Ihr Interesse!

**Michel Gross, M. Sc.**

Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl Energiesysteme und  
Energiewirtschaft  
Universitätsstr. 150

44801 Bochum, Germany  
Fon: +49 234 32 26369  
michel.gross@rub.de  
[www.ee.rub.de](http://www.ee.rub.de)

**Christine Nowak, M. Sc.**

Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl Energiesysteme und  
Energiewirtschaft  
Universitätsstr. 150

44801 Bochum, Germany  
Fon: +49 234 32 26378  
christine.j.nowak@rub.de  
[www.ee.rub.de](http://www.ee.rub.de)