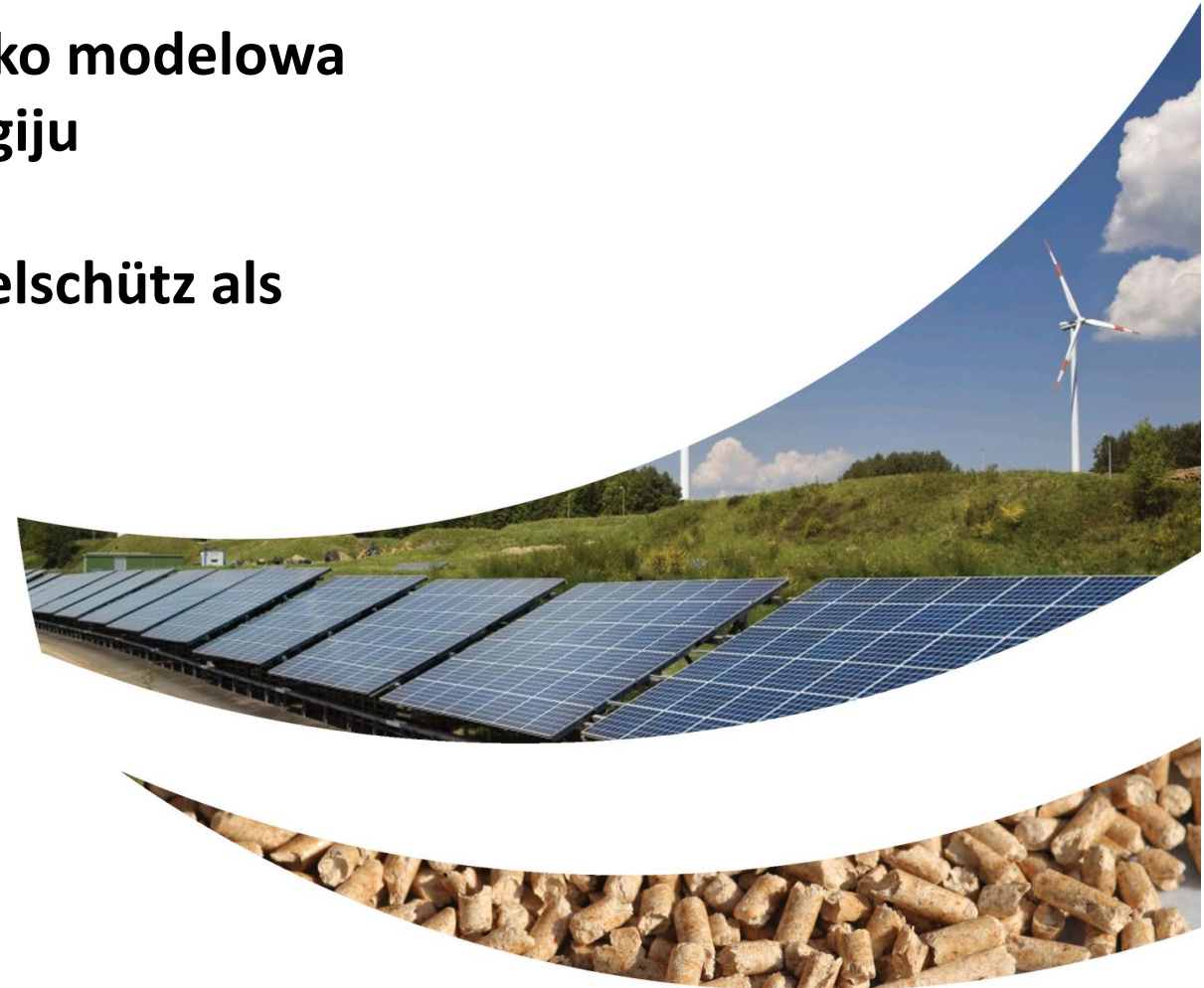


# Studija k móžnosćam gmejny Njebjelčicy jako modelowa gmejna za wnučkokmane zastaranje z energiju

## Machbarkeitsstudie für die Gemeinde Nebelschütz als Modellgemeinde für eine zukunftsfähige Energieversorgung

### Ergebnisse

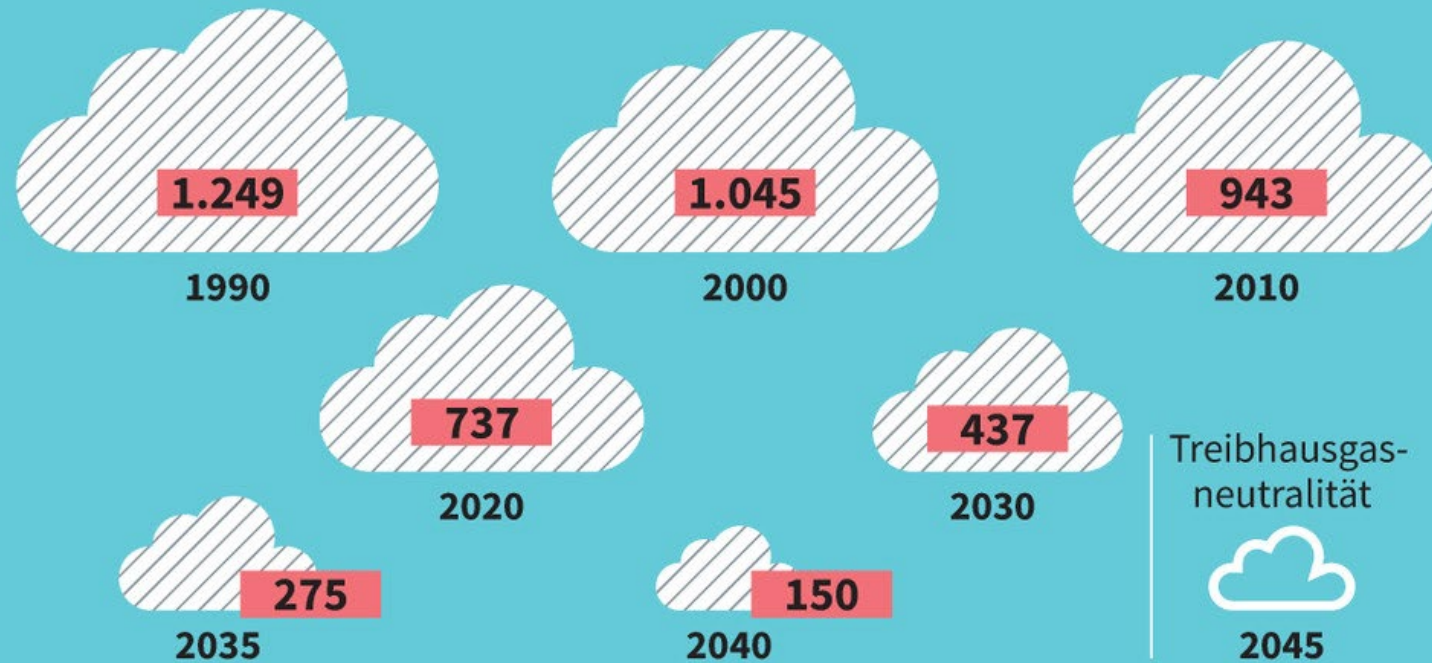
Marcel Bellmann  
13.03.2023



# Projektvorstellung - GRUNDLAGE

## Deutschlands Klimaziele

Treibhausgasemissionen in Millionen Tonnen



Treibhausgasneutralität: Die Treibhausgasemissionen, die im Jahr 2045 noch ausgestoßen werden, müssen an anderer Stelle ausgeglichen werden – z. B. durch CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung oder Aufforstung  
2030, 2035, 2040, 2045: Klimaziele der Bundesregierung

Quellen: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Umweltbundesamt  
© 2021 IW Medien / iwd

**iwd**



## Projektvorstellung - ZIELE



**Konkretisierung des Gemeindeenergiekonzeptes aus 2019/2021**



**Untersuchung, ob eine enkeltaugliche Energieversorgung in der Gemeinde Nebelschütz technisch und wirtschaftlich machbar ist**



**Aufzeigen möglicher Szenarien, um Energieverbrauch der Gemeinde mit vor Ort erzeugter Energie zu realisieren**

# Projektvorstellung - PROJEKTPARTNER



Hochschule  
Zittau/Görlitz  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



- Wissenschaftliche Partner
- Analyse Ist-Zustand
- Berechnung von Potenzialen zur zukünftigen Energieerzeugung und –verbrauch
- Konzepte Energienutzung und –speicherung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Einbringung fachlicher, praxisorientierter Erfahrungen zu allen Arbeitspaketen

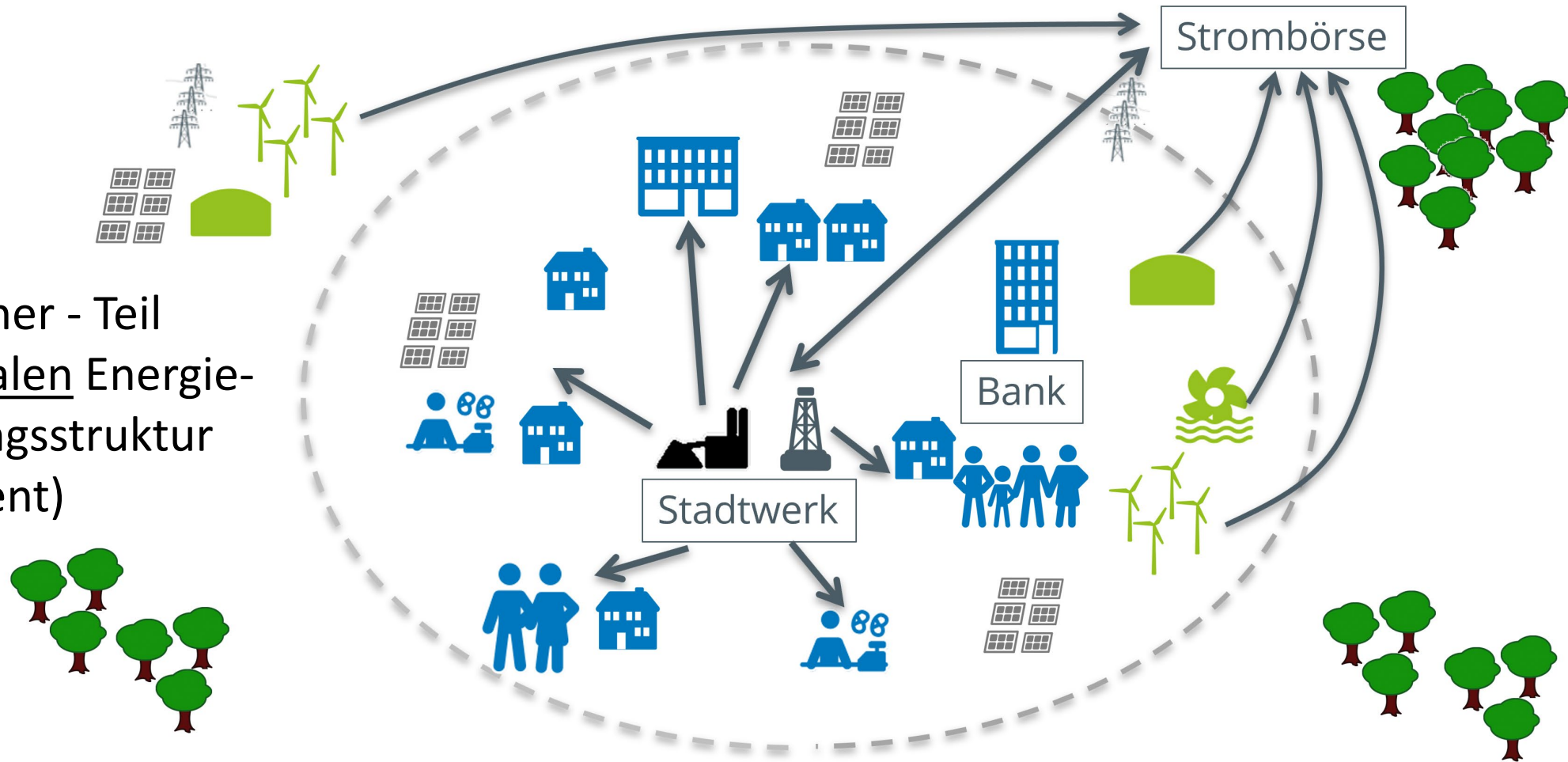
- Administrative Projektaufgaben
- Koordination der Partnerschaft
- Öffentlichkeitsarbeit



# Ergebnisse – VERSORGUNG EINER KOMMUNE DERZEIT

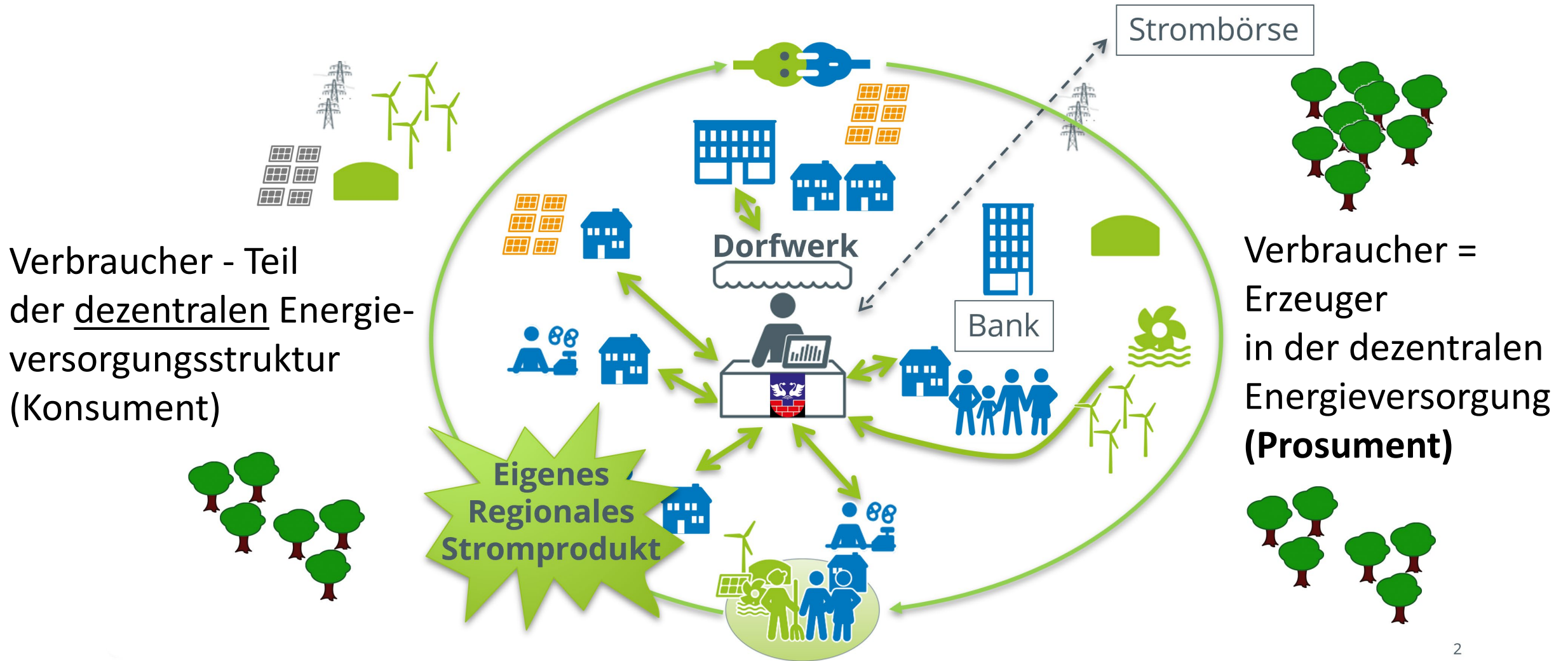
## Zentrale Strukturen verhindern Regionalität

Verbraucher - Teil der zentralen Energieversorgungsstruktur (Konsument)



# Ergebnisse – BILANZKREIS – MÖGLICHES VERSORUNGSKONZEPT DER ZUKUNFT

## Regionales Produkt verbindet Nachbarn - Studie



# Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - VORGEHENSWEISE

- **Datenerhebung** und **Ist-Analyse** der aktuellen Energiestruktur der Gemeinde
- Untersuchung der **Potentiale** für **lokale Erzeugung regenerativer Energie** und **Substitution konventioneller Wärmebereitstellung**
- Definition zukünftiger **Ausbauszenarien** von **regenerativen Energien** sowie **Einsatz von Speichern**
- **Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit**
- **Handlungsempfehlungen** für die Gemeindeverwaltung und weitere Akteure aus der Gemeinde



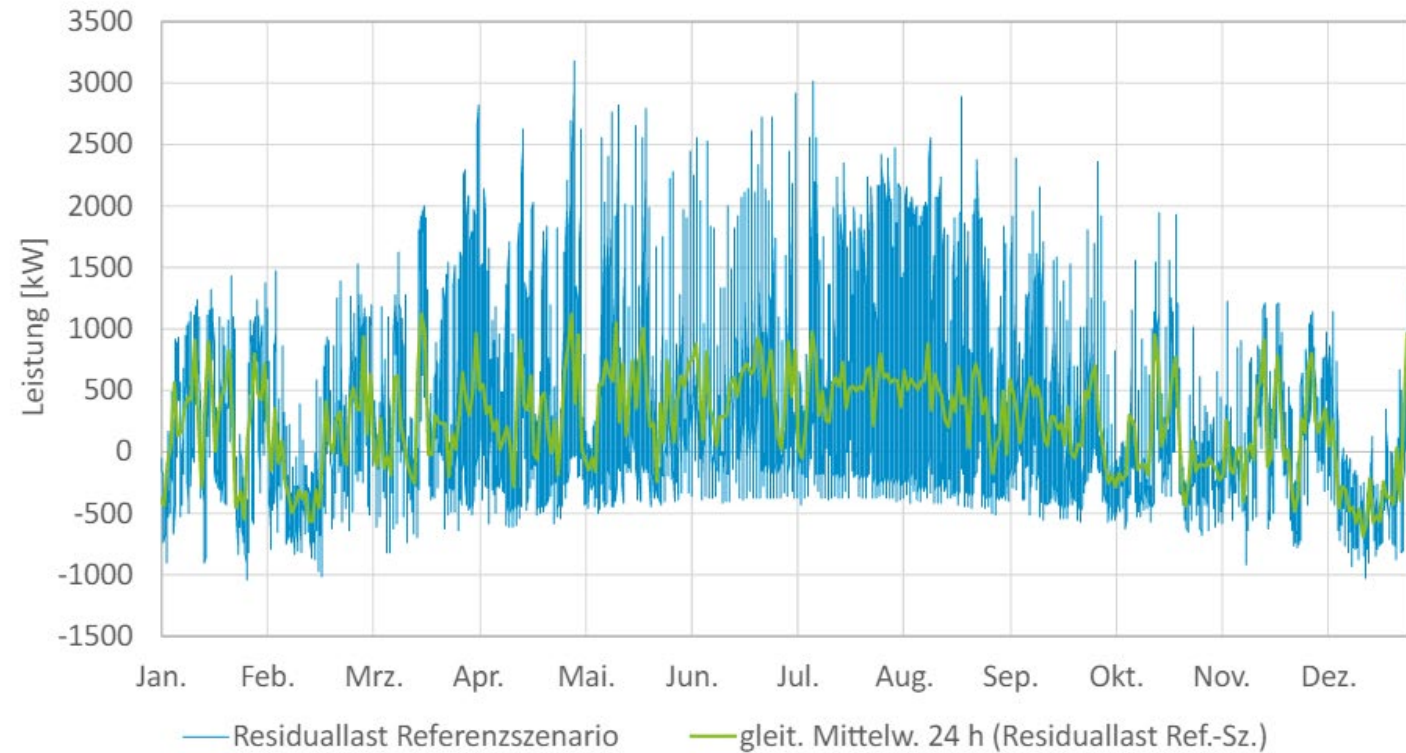


## Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - STROMSEKTOR

- **Stromerzeugung** in Gemeinde Nebelschütz **übersteigt den Stromverbrauch** um das **2,5 fache**  
→ großer Teil davon für Bilanzkreis derzeit nicht nutzbar
- **Größter Handlungsbedarf** im Zuge des Transformationsprozesses, aufgrund der Sektorenkopplung
- **Potentiale** im Gemeindegebiet Nebelschütz
  - **Solarstromerzeugung auf Dachflächen:** 11,7 Megawatt (derzeit genutzt: 350 kW, 3 %)
  - **Solarstromerzeugung auf Freiflächen:** schwierige Prognose, Nutzbarkeit für Bilanzkreis schwierig
  - **Windstromerzeugung:** derzeit kein Ausbau von Großanlagen geplant, Kleinwindanlagen recht geringes Potenzial
  - **Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse/Biogas:** Potenzial sehr gering, wenn überhaupt für Insellösungen

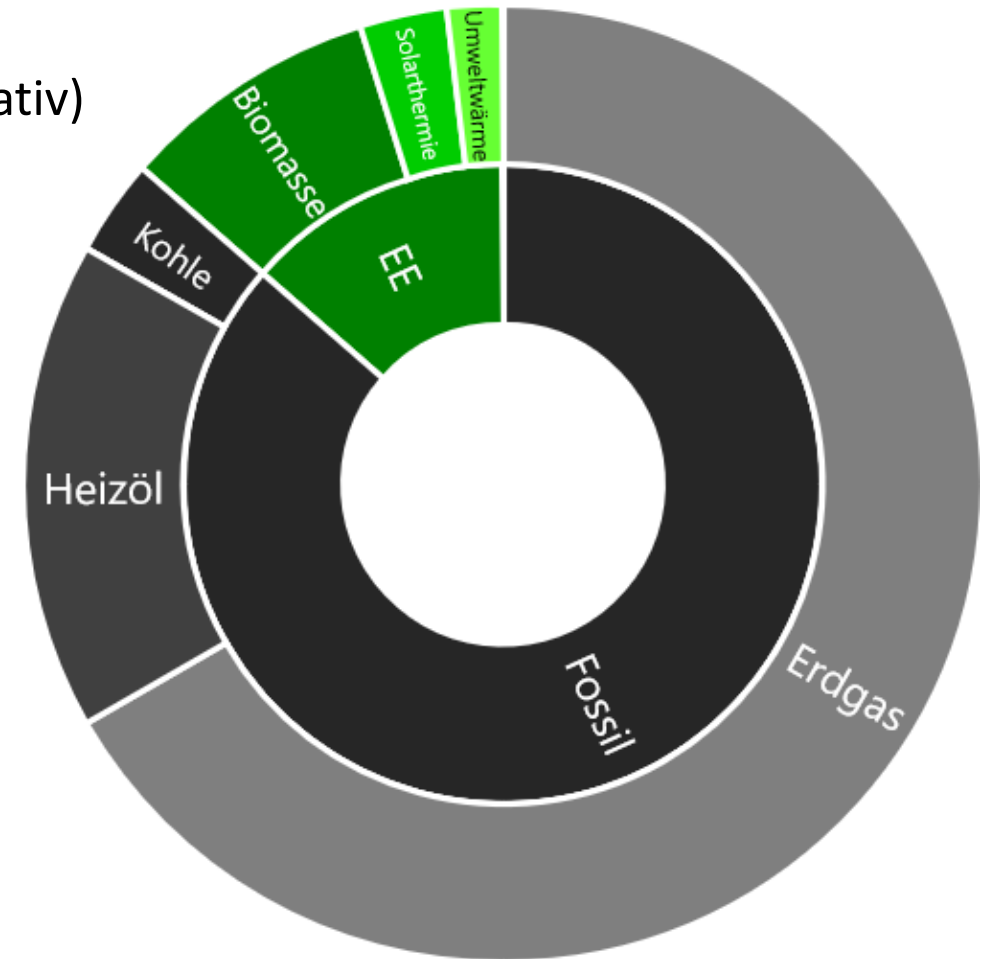
# Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - STROMSEKTOR

- **Erwartete Kosten bei Durchführung des notwendigen Ausbaus**  
5,1 Mio. € für 3,5 MW Solarleistung
- **Vollständige Autarkie unwirtschaftlich, Netzbezug weiterhin notwendig**  
55 % Autarkiegrad ohne Speicher
- **Realistischer Netto-Strompreis (inkl. Bezug aus Stromnetz)**  
ca. 24 ct/kWh  
zzgl. Abgaben und Umlagen, Kosten für laufenden Betrieb des eigenen Netzes (Personal, Infrastruktur), Bruttopreis dennoch geringer als bisherige Versorgungstarife (Netzentgelte und Stromsteuer entfallen)



# Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - WÄRMESEKTOR

- **Derzeitiger Wärmeverbrauch:** 10.600 MWh (13 % regenerativ)
- **Gebäudestandard** der priv. Haushalte **gering**
- **treibhausgasneutrale Wärmeversorgung:**
  - **Ungeeignet:** Biomasse-Nahwärmenetz, (Solarthermie,) synthetische Brennstoffe, (Biomasse)
  - **Geeignet:** dezentrale Wärmepumpen, kaltes Nahwärmenetz auf Basis Agrothermie, (Biomasse + Solarthermie im Bestand)
- **Hoher Ausbaugrad Wärmepumpen** erwartbar
- **Speicher** (Batterie/Wasserstoff) vs. **Netzbezug**
- **Kommunale Wärmeplanung sinnvoll**



Verteilung der Energieträger im Wärmesektor in Nebelschütz

Quelle: Energiesteckbrief Nebelschütz, Leipziger Institut für Energie

# Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - WÄRMESEKTOR

## Vergleich Wärmegestehungskosten (30.000 kWh Wärme)

- **Sehr effiziente Gebäude (Vorlauftemperatur von 35° C):**

- Luft/Wasser Wärmepumpen: 8,21 bis 9,57 ct/kWh

- **Gebäude mit Heizkörper und guter Wärmedämmung (Vorlauftemperatur von 55° C):**

- Sole/Wasser Wärmepumpen: 11,20 bis 13,09 ct/kWh (Erdwärme-Flächenkollektor oder Erdwärmesonden)

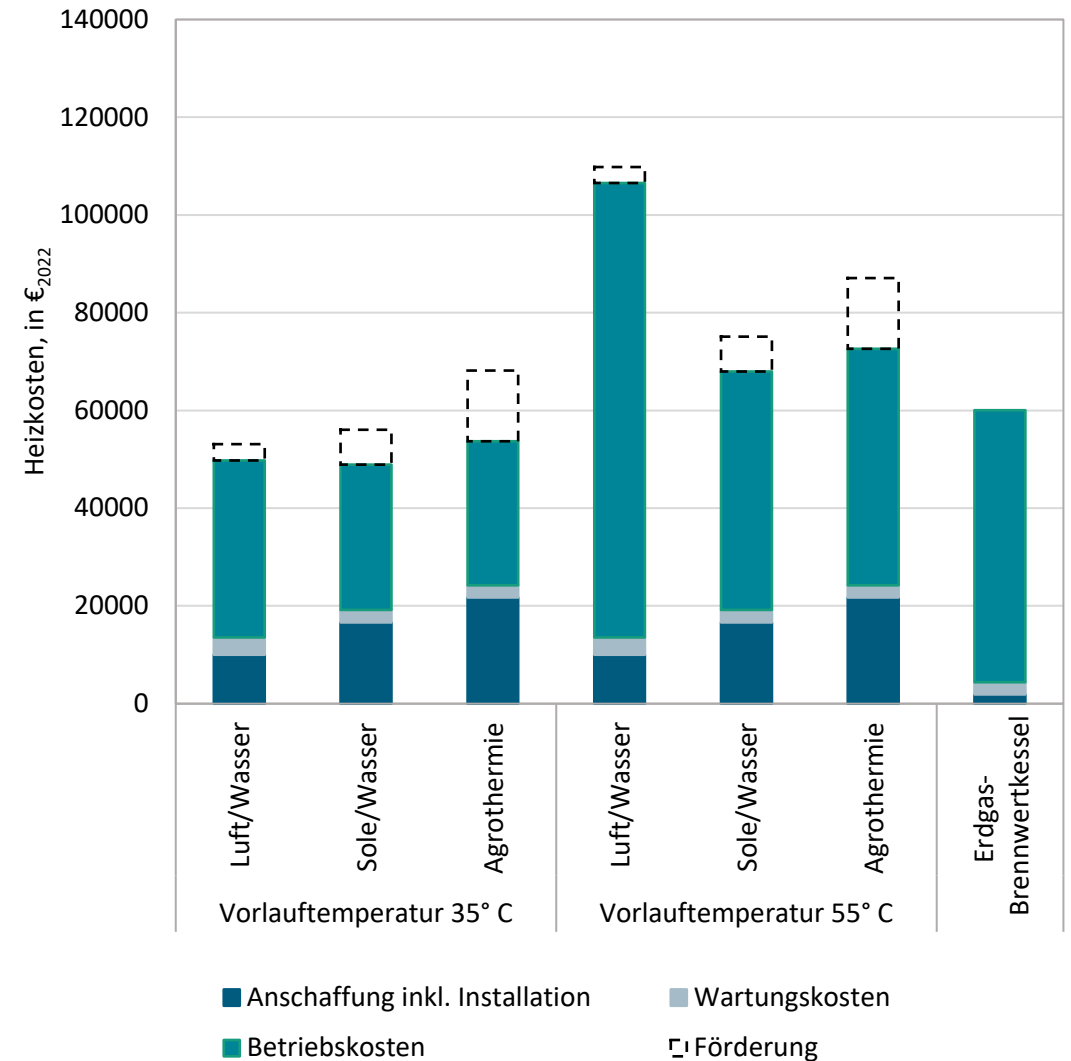
- **Vergleich Erdgasbrennwertkessel:**

- 9,32 bis 10,42 ct/kWh

- **Annahmen:**

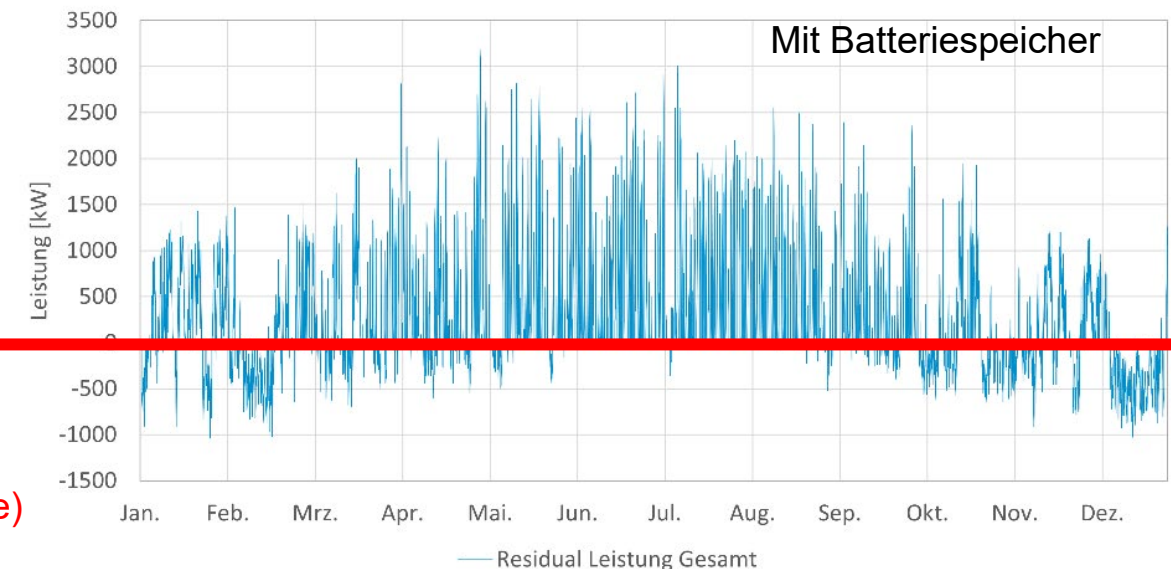
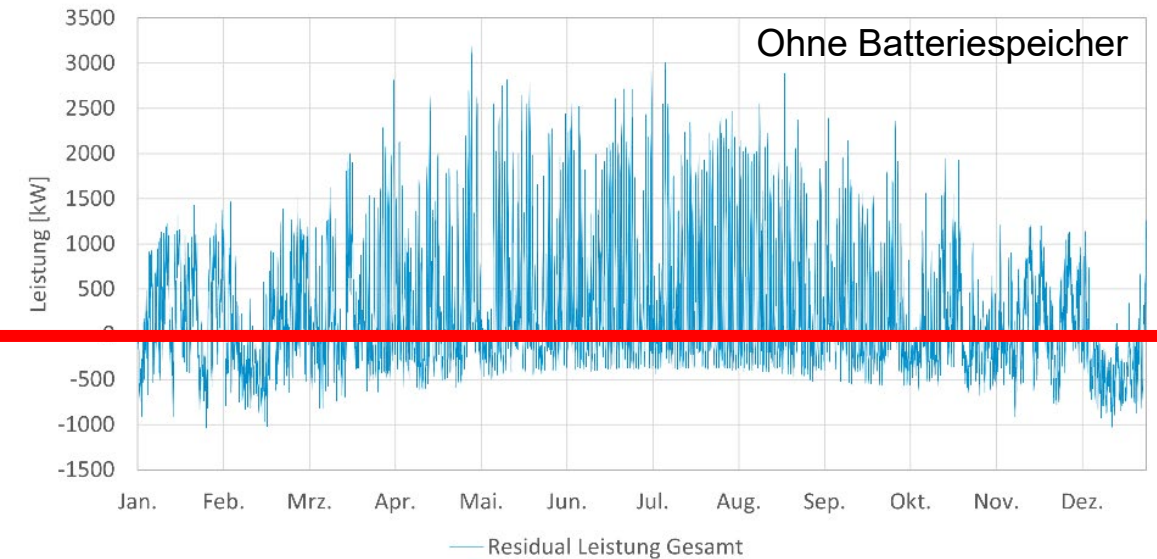
- Strompreis Wärmepumpe zw. 22,11 und 30,44 ct/kWh

- Erdgaspreis zw. 6,4 und 7,4 ct/kWh



# Ergebnisse der Studie für die Gemeinde Nebelschütz - SPEICHER

- **Strom- und Wärmebedarfe** selbst bei idealer Auslegung reg. Energien **bei „Dunkelflauten“ nicht deckbar**
- **„Vorsorge“** mit Batterie- und H<sub>2</sub>-Speichern
- **Speicherbedarf Nebelschütz: 95 bis 383 MWh**
- **Batteriespeicher wirtschaftlich** darstellbar
- **Wasserstoff:** interessant bei **gleichzeitiger Vermarktung des Überschusses**
- **Sinkende Preise** für beide Technologien, insbesondere H<sub>2</sub> (75 % bis 2030)



Referenzszenario Batteriespeicher (Netzbezug unterhalb roter Linie)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontaktdaten:

Marcel Bellmann

Telefon: 03591 380-2100

E-Mail: [bellmann@energieagentur-bautzen.de](mailto:bellmann@energieagentur-bautzen.de)

[bellmann@tgz-bautzen.de](mailto:bellmann@tgz-bautzen.de)

Internet: [www.energieagentur-bautzen.de](http://www.energieagentur-bautzen.de)

Newsletter: [hier anmelden](#)







Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushalts



## Machbarkeitsstudie für die Gemeinde Nebelschütz als Modellgemeinde für eine enkeltaugliche Energieversorgung

Machbarkeitsstudie Gemeinde Nebelschütz | März 2023



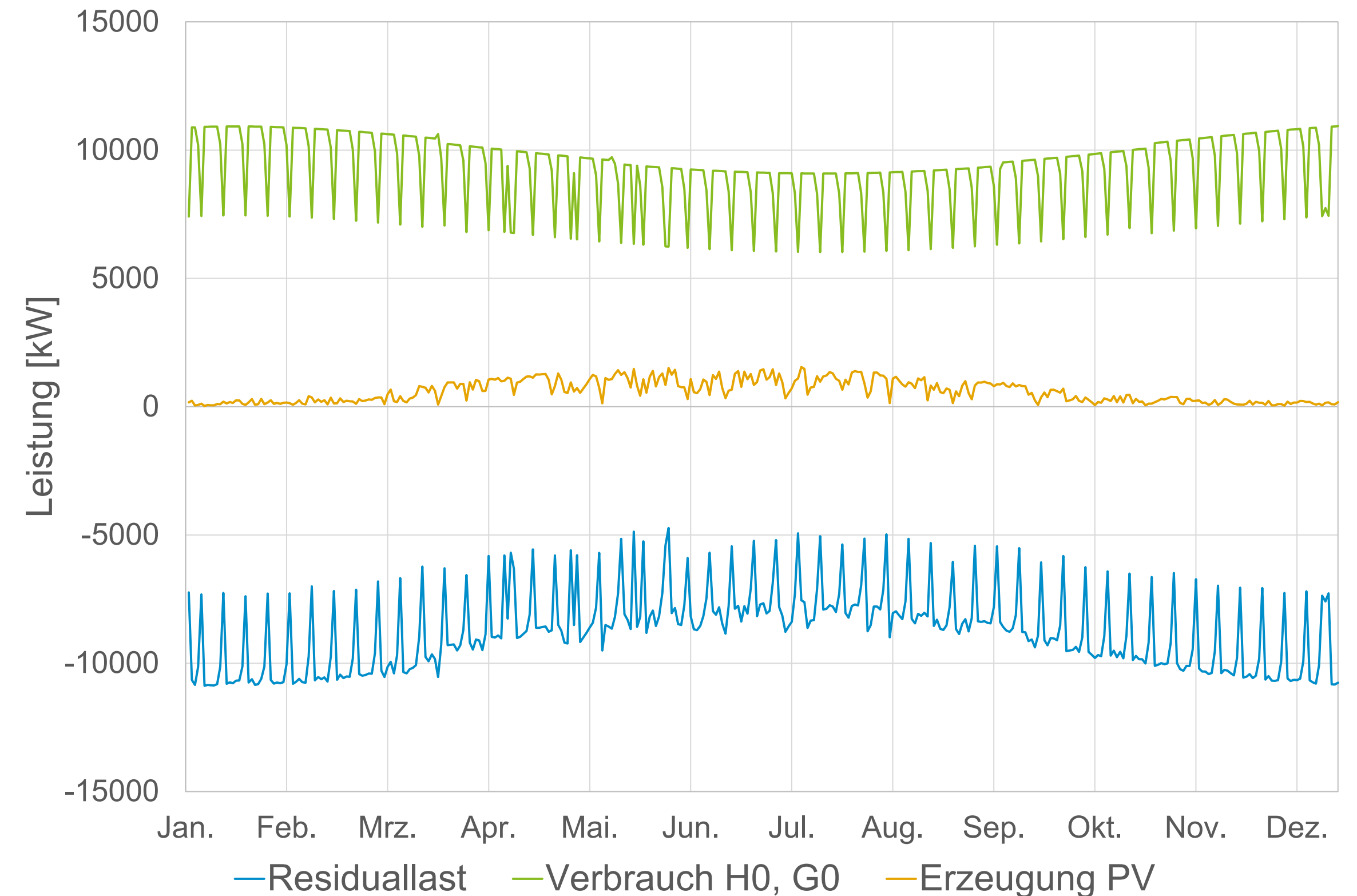


## Ist-Zustand der Stromversorgung

- Datengrundlage bildet der Energiesteckbrief der *SachsenNetze GmbH*
- Haushalte und Gewerbe als Verbraucher
- Vorhandene größere PV-Anlagen speisen ins Mittelspannungsnetz  
→ durch Netzentgelte außerhalb des Bilanzkreises

→ es fehlen lokale Energiemengen im Niederspannungsnetz

→ deutliches Potential für Ausbau



**Verbrauch, Erzeugung und resultierende Residuallast im Ist-Zustand**

## Solarpotentialanalyse Dachflächen

- Untersuchung der Flächen in der Gemeinde auf Grundlage von Geo- und Wetterdaten
- Erzeugung von Solarkarten mit jährlicher Sonneneinstrahlung
  - Festlegung von Potentialkriterien und Flächen
  - Gesamtes Solardachflächen mit 56 km<sup>2</sup>
- hohes Potential der Dachflächen für Photovoltaik

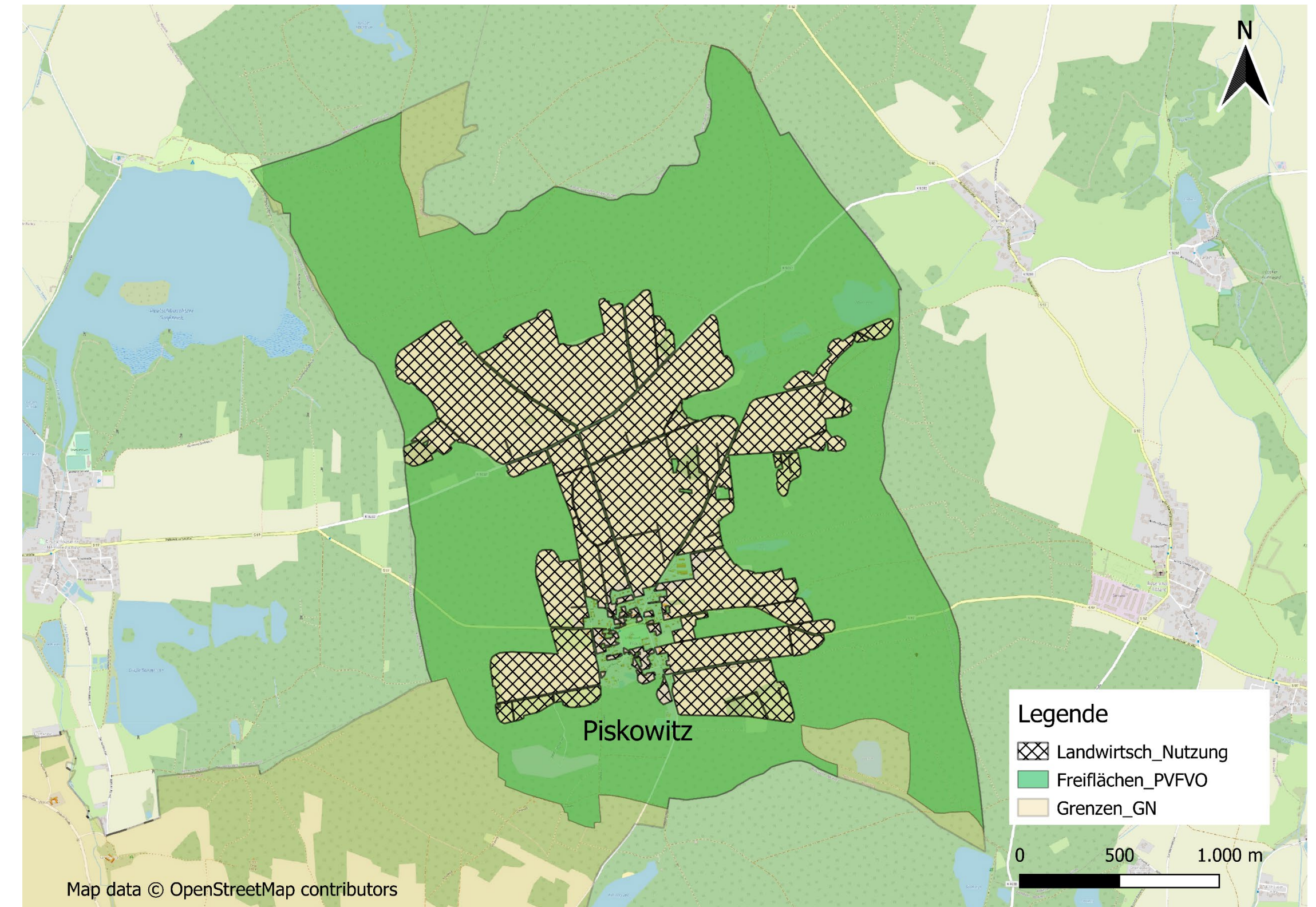


**Ausschnitt der jährlichen Solarstrahlung  
auf Dachflächen im Ort Nebelschütz**



## Solarpotentialanalyse Freiflächen

- Freiflächenanalyse → ausgewiesene Flächen in Piskowitz
- Gesamtpotential 200 MWp Leistung
- Hohes Potential, aber schwierige Prognose
  - Landwirtschaftliche Flächen überlagern
  - Forst-/Waldflächen überlagern
  - Konkurrierende Flächennutzung

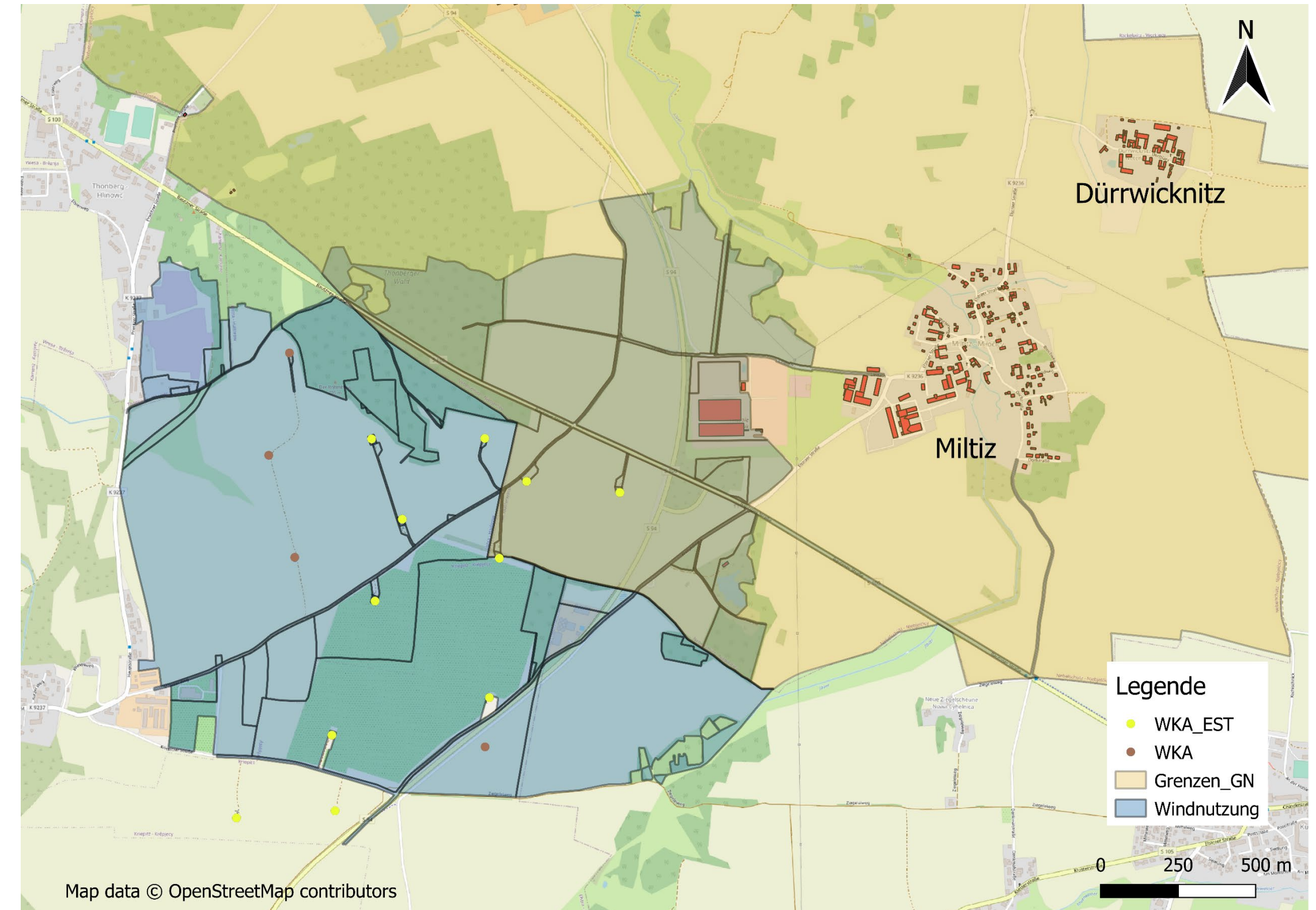


**Freiflächen für Photovoltaiknutzung  
laut Freiflächenverordnung**



## Windpotentialanalyse

- Ausbau/Neubau von größere Windkraftanlagen wird nicht erwartet:
  - keine freien Ausbaufächen laut Planungsverband
  - Abstandsregelungen zu Gebäuden
- Untersuchung der vorhandenen Windkraftanlagen
  - Gespräch mit Windparkbetreiber geführt
  - Anlagen bleiben im Besitz des Betreibers
  - zukünftiger aber Stromliefervertrag möglich

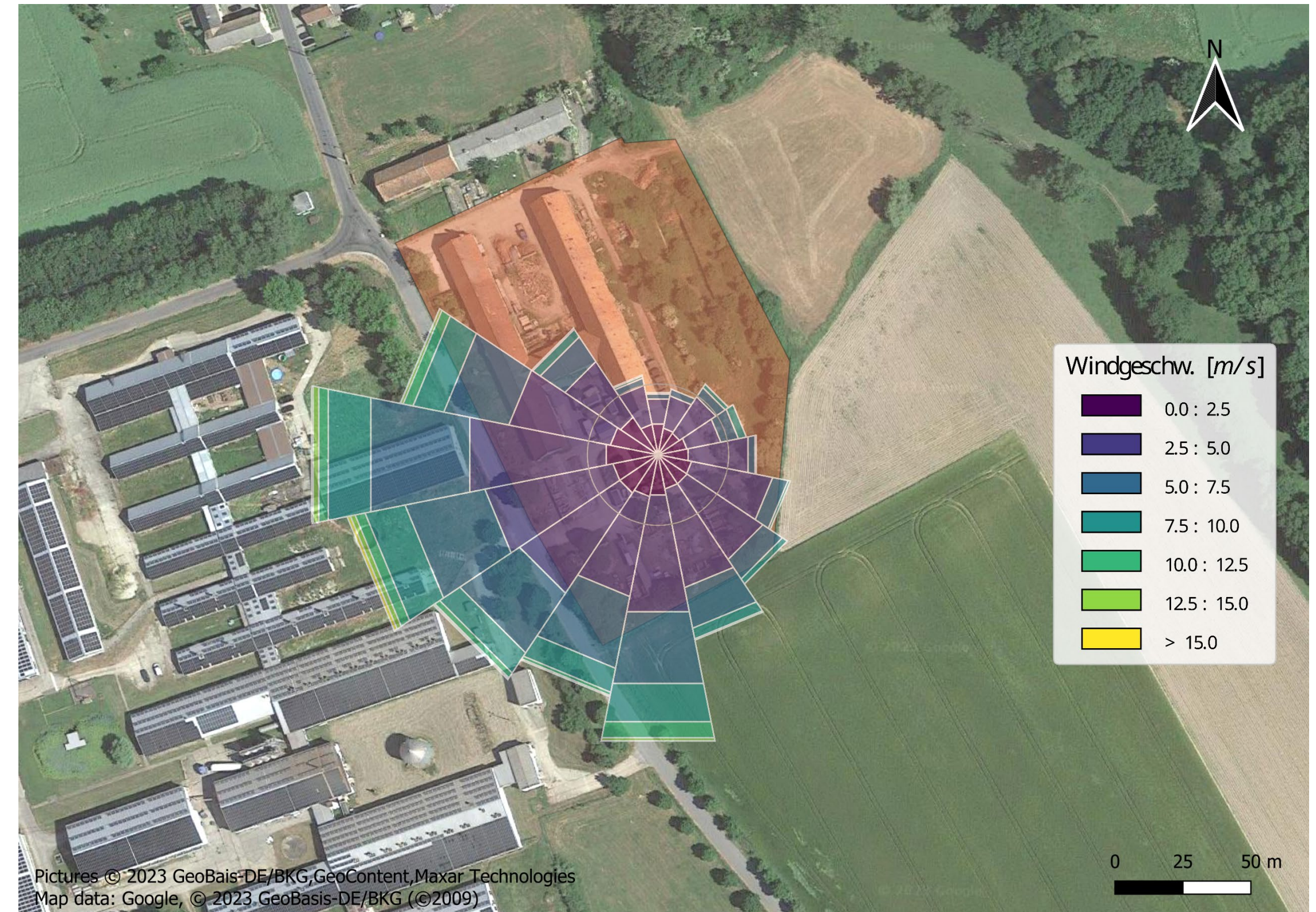


**Windkraftanlagen im Gemeindegebiet**



## Windpotentialanalyse

- Windmessstation am Bauhof in Nebelschütz
  - genauere lokale Wetterdaten für Winderträge
  - Ermöglicht bessere Planung von Anlagen und Stromerträgen
- Kleinwindkraftanlagen (Leistung ca. 10 kW)
  - Einsatz für dezentrale Energieversorgung  
Bspw. am Bauhof oder Gewerbebetrieben
  - geringer Beitrag für gesamten Energiebedarf  
in der Gemeinde



**Standort der Windmessaanlage am Bauhof in Nebelschütz**



## Ausbauszenarien mit regenerativer Energieerzeugung

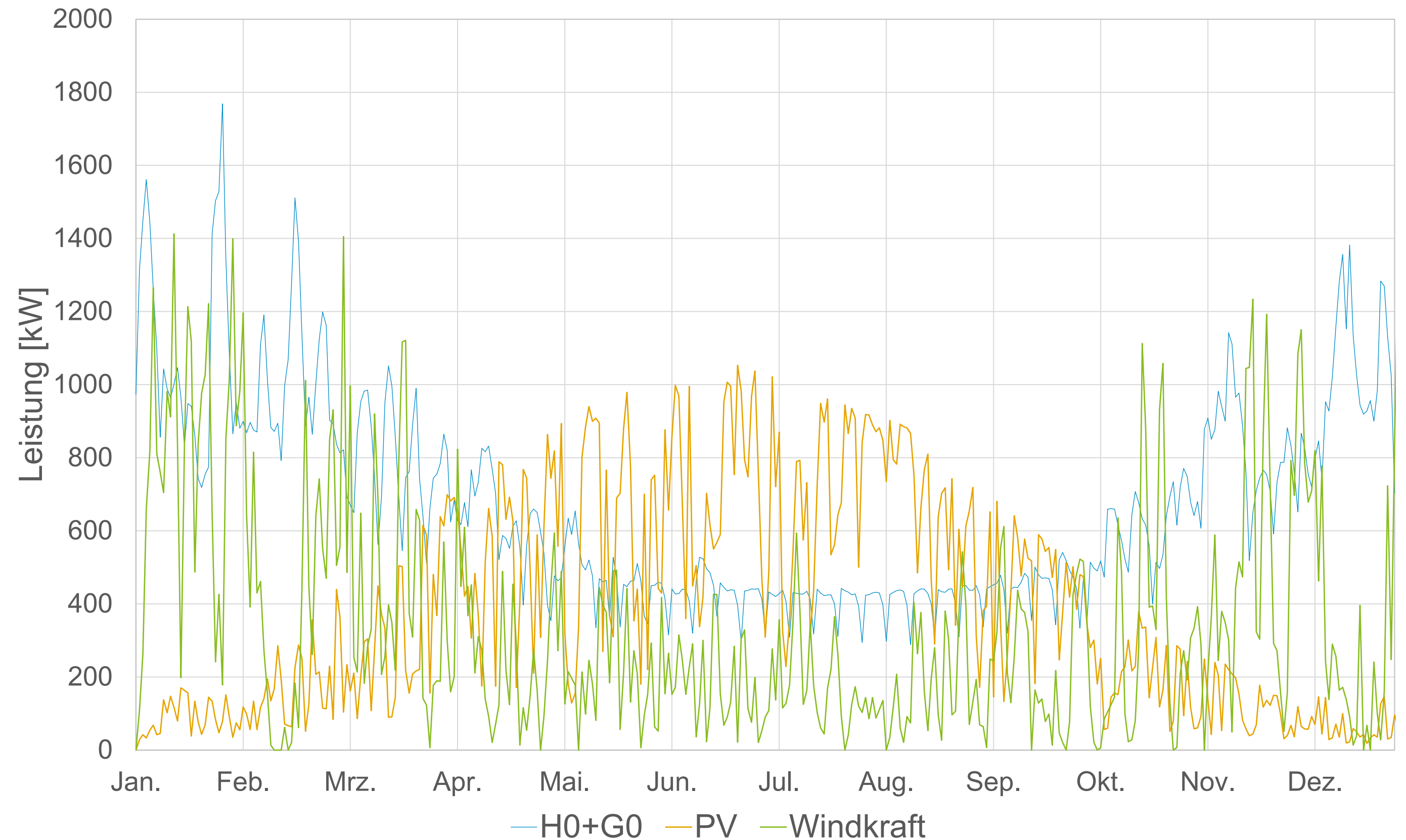
Regenerative Energieerzeugung:

- Ausbau von Photovoltaik auf den Dachflächen:
  - ca. 3500 kWp installierte Leistung, dafür 5,1 Mill. € werden Investsumme benötigt
- Nutzung von Windkraftanlagen des Windparks → 1 Windkraftanlage mit 1,5 MW Leistung
- Sektorenkopplung mittels Wärmepumpen → großflächiger Ausbau erwartet
  
- Vollständige Autarkie wird nicht erreicht, daher ist weiterhin der Netzbezug erforderlich
  - Autarkierate ca. 55 % (ohne Speichertechnologien)
- Die Stromgestehungskosten aus Photovoltaik und Windkraft → ca. 10 ct/kWh
- Nettopreise mit Netzausgleichen → bis zu 24 ct/kWh

## Energiestruktur der Stromversorgung

- Photovoltaik- und Windkraftanlagen ergänzen sich jahreszeitlich
- Verbrauch bei Haushalten und Gewerbe steigt durch Einsatz von Wärmepumpen

→ hohe Potentiale für Stromspeicherung





# Machbarkeitsstudie für die Gemeinde Nebelschütz als Modellgemeinde für eine enkeltaugliche Energieversorgung



Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushalts

Martin Sünder, M. Eng.  
Hochschule Zittau/Görlitz -University of Applied Sciences  
Fakultät Maschinenwesen  
Fachgebiet Strömungsmechanik und Fluidenergiemaschinen

Tel.: +49(0)3583 612 4384  
E-Mail: [martin.suender@hszg.de](mailto:martin.suender@hszg.de)



FAKULTÄT  
MASCHINENWESEN



Dr.-Ing. Clemens Schneider  
Clemens.schneider@ieg.fraunhofer.de  
Bürgerinformationsveranstaltung Nebelschütz

---

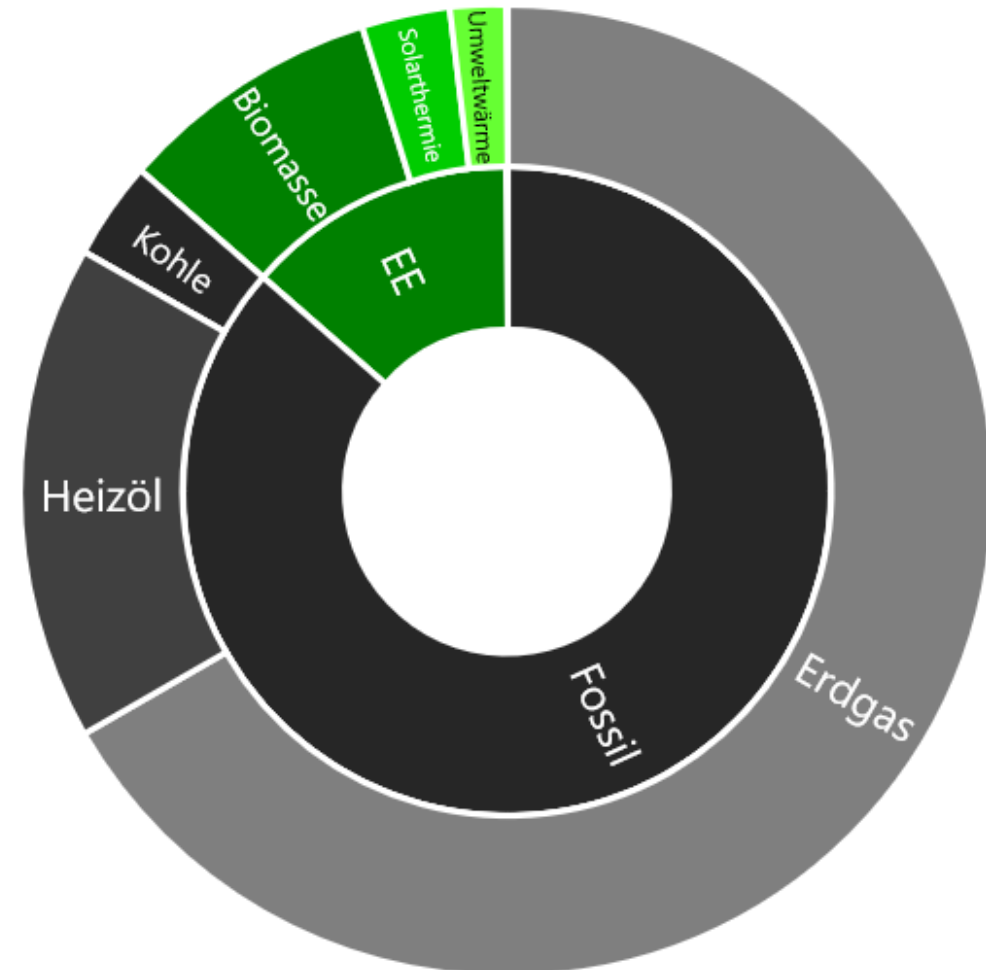
# Machbarkeitsstudie für die Gemeinde Nebelschütz als Modellgemeinde für eine zukunftsfähige Energieversorgung

# Machbarkeit: Wärme

## Verteilung der Energieträger

### Steckbrief Wärme

- Wärme wird überwiegend durch fossile Energieträger (86,7 %) erzeugt
  - Erdgas: 77 %
  - Heizöl: 19 %
  - Kohle: 3,7 %
- Hohe Aufmerksamkeit im Wärmesektor
  - Ca. 50 % des Endenergiebedarfes im Wärmesektor
  - Starke politische Bestrebungen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Wärmesektor



Verteilung der Energieträger im Wärmesektor in Nebelschütz Quelle:

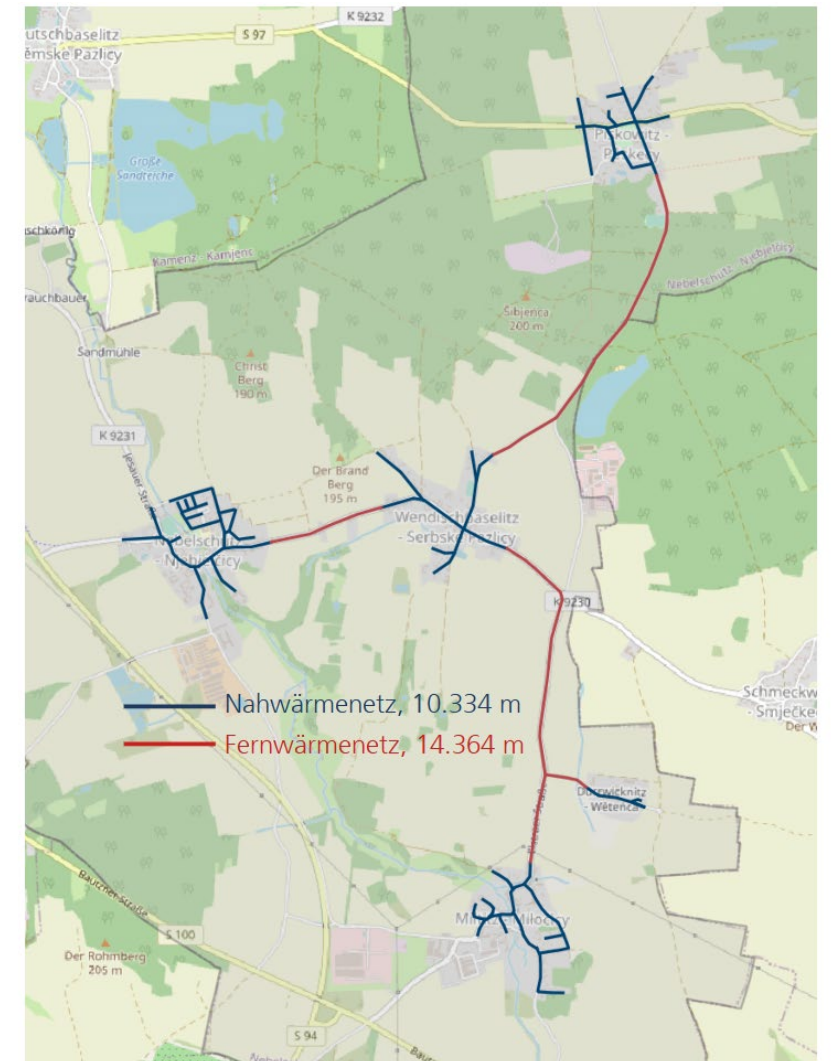
Energiesteckbrief Nebelschütz, Leipziger Institut für Energie

# Machbarkeit: Wärme

## Zentrales Wärmenetz

### Betrachtete Transformationsansätze und mögliche Lösungen

- Zentrales Wärmenetz
  - Neueinrichtung wäre erforderlich: minimale Wärmedichte für Wirtschaftlichkeit 2000 kWh pro Jahr pro Trassenmeter
- Nebelschütz: durchschnittlich 725 kWh pro Jahr pro Trassenmeter möglich
- Bei Nahwärmenetz (ohne Verbindung der Ortsteile) 1000 kWh pro Jahr pro Trassenmeter
- Dezentrale Wärmeerzeugung eher geeignet



Angenommenes Fern- und Nahwärmenetz für Nebelschütz Karte:

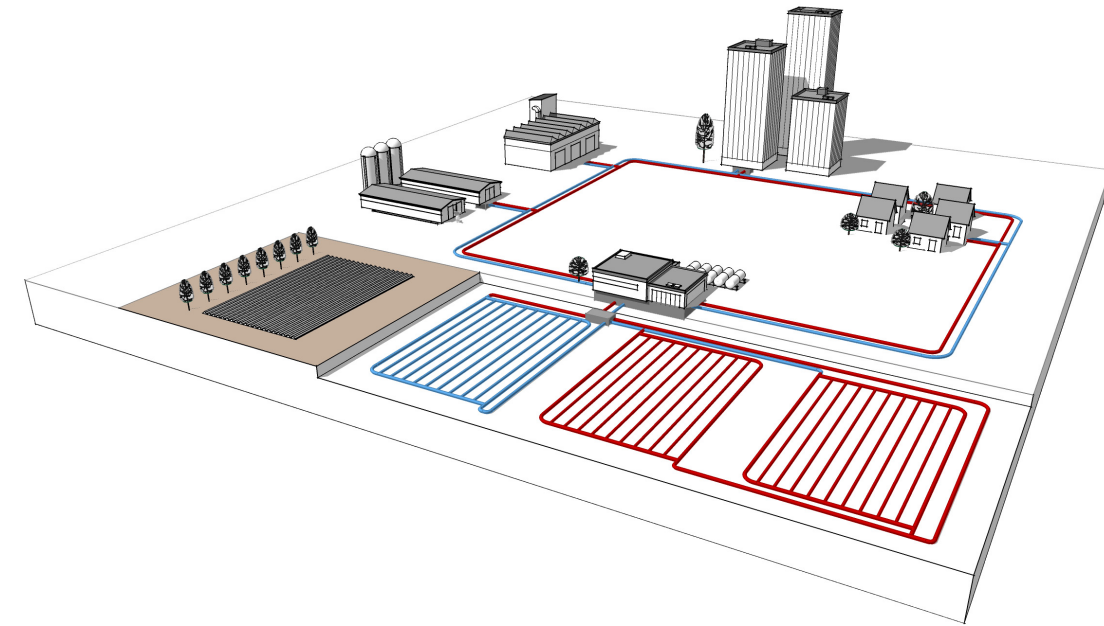
[Openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org)

# Machbarkeit: Wärme

## Technologiescreening

### Betrachtete Transformationsansätze und mögliche Lösungen

- Biomasse
  - Zukünftige Konkurrenz mit Industrie durch Nachfrage an klimaneutraler Hochtemperatur-Prozesswärme
  - Hoher Flächenbedarf, Verdrängung natürlicher Kreisläufe
  - ungeeignet
- Synthetische Kraftstoffe
  - 5,5 bis 8facher Strombedarf im Vergleich zu Wärmepumpen
  - ungeeignet
- Dezentrale Wärmepumpen
  - Luft/Wasser → Eignung abhängig vom Gebäudestandard (Vorlauftemperatur)
  - Sole/Wasser → Eignung abhängig von Untergrund und Investitionswilligkeit
    - Erdwärme-Flächenkollektoren
    - Erdwärmesonden
- Agrothermie
  - Dezentrale Sole/Wasser Wärmepumpen, zentrales Erdwärme-Flächenkollektorfeld
  - Wärme aus Kollektorfeld per Kalt-Nahwärmenetz zum Verbraucher zu transportieren durch ungedämmte PE Rohre in 1 m Tiefe
  - bedingt geeignet



Schema eines Agrothermie Systems

Bildquelle: Doppelacker GmbH

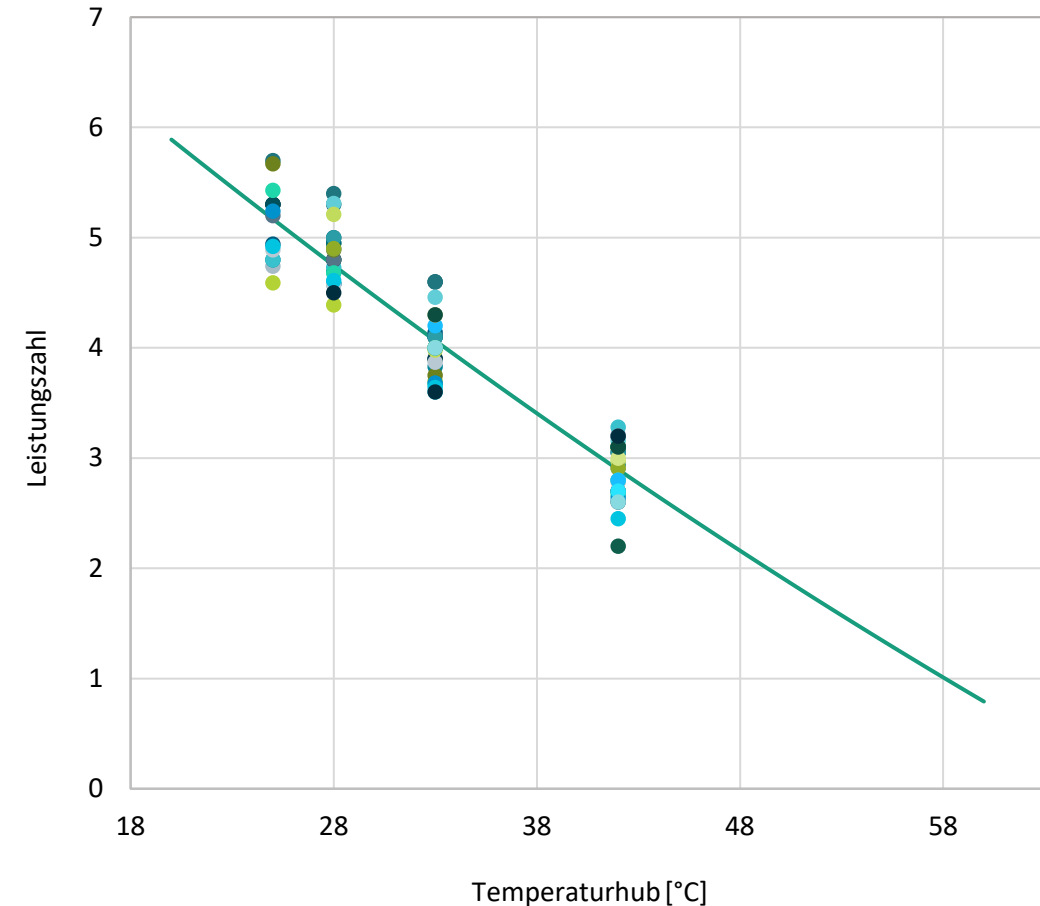


# Machbarkeit: Wärme

## Wärmepumpen

### Technische Eigenschaften

- Leistungszahl: das Verhältnis der abgegebenen Wärmeenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie
  - Leistungszahl 3 => 3 kWh Raumwärme wird aus 1 kWh Strom erzeugt
- Die Leistungszahl ist vom Temperaturhub abhängig
  - Temperaturhub ist die Temperaturerhöhung von der Wärmequelle (z.B. Luft bei Luft/Wasser-Wärmepumpen, Erdreich bei Sole/Wasser-Wärmepumpen) zur Wärmesenke (z.B. Heizungswasser)
  - Für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe muss dieser Temperaturhub reduziert werden, durch:
    - Höhere Quellentemperatur, z.B. Erdreich mit Erdwärmesonden, Außentemperatur unabhängig ca. 10° C
    - Niedrige Senkentemperatur, z.B. durch Flächenheizung und energetische Sanierung, bis zu 35° C bei effiziente Gebäude möglich.



Verhältnis zwischen Leistungszahl und Temperaturhub bei Luft/Wasser Wärmepumpen

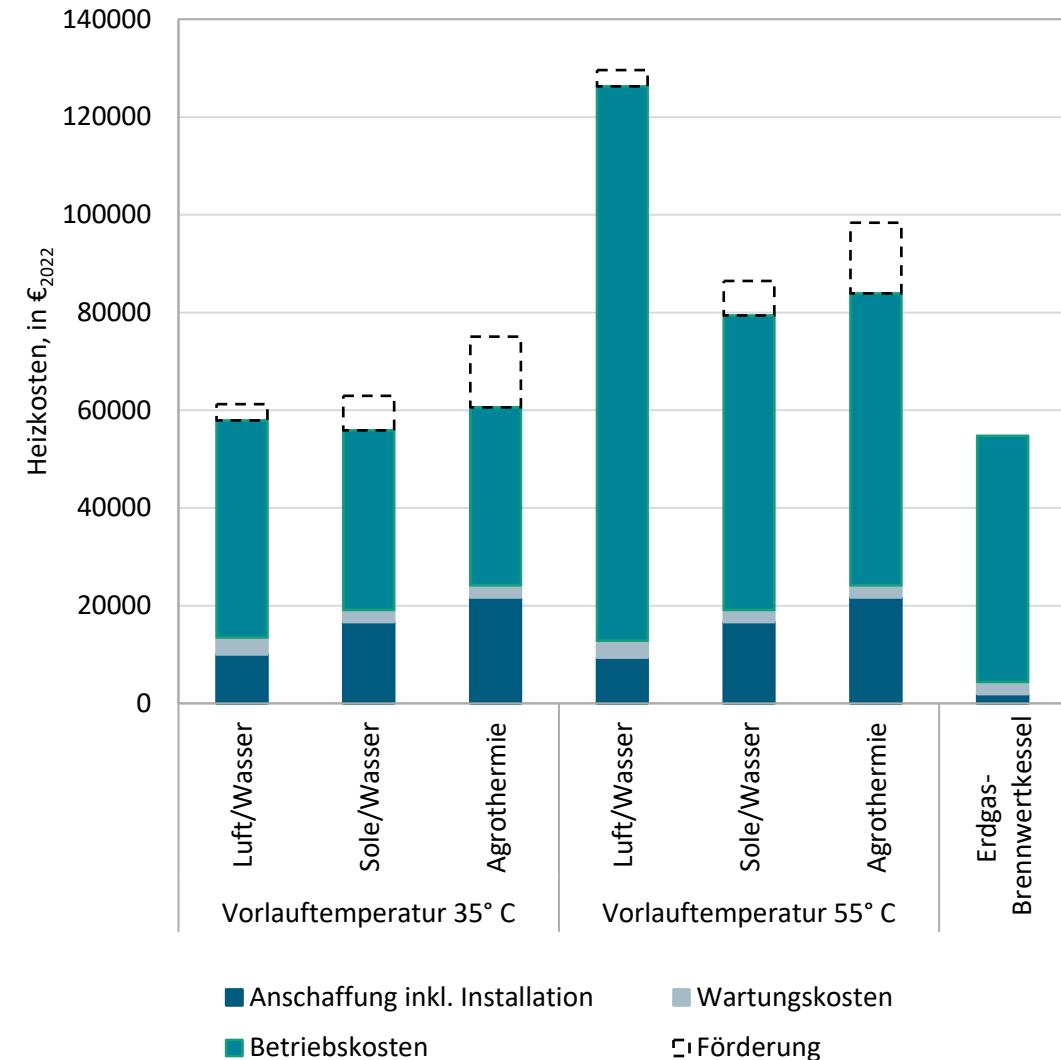


# Machbarkeit: Wärme

## Suboptimaler Preisentwicklung

Ergebnis: Klimaneutrale Wärmeerzeugung ist machbar

- Unter **suboptimaler Preisentwicklung** (hoher Strompreis 30,44 ct/kWh, niedriger Erdgaspreis 6,4 ct/kWh bis 2040) und einem jährlichen Wärmeverbrauch von 30.000 kWh
  - Bei Vorlauftemperatur von 35° C (Energetische Sanierung nötig):
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **9,57 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **9,17 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **10,55 ct/kWh**
  - Bei Vorlauftemperatur von 55° C:
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **21,08 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **13,09 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **14,43 ct/kWh**
  - Vergleich Erdgasbrennwertkessel: **9,32 ct/kWh**
- Generell sind Wärmepumpen bei Vorlauftemperaturen größer als 60° C unwirtschaftlich
- Wärmegestehungskosten inkl. Anschaffung, Errichtung Wärmequelle, Installation, Betrieb, Wartung und Förderung, für den Zeitraum 2020 – 2040 wurden ermittelt



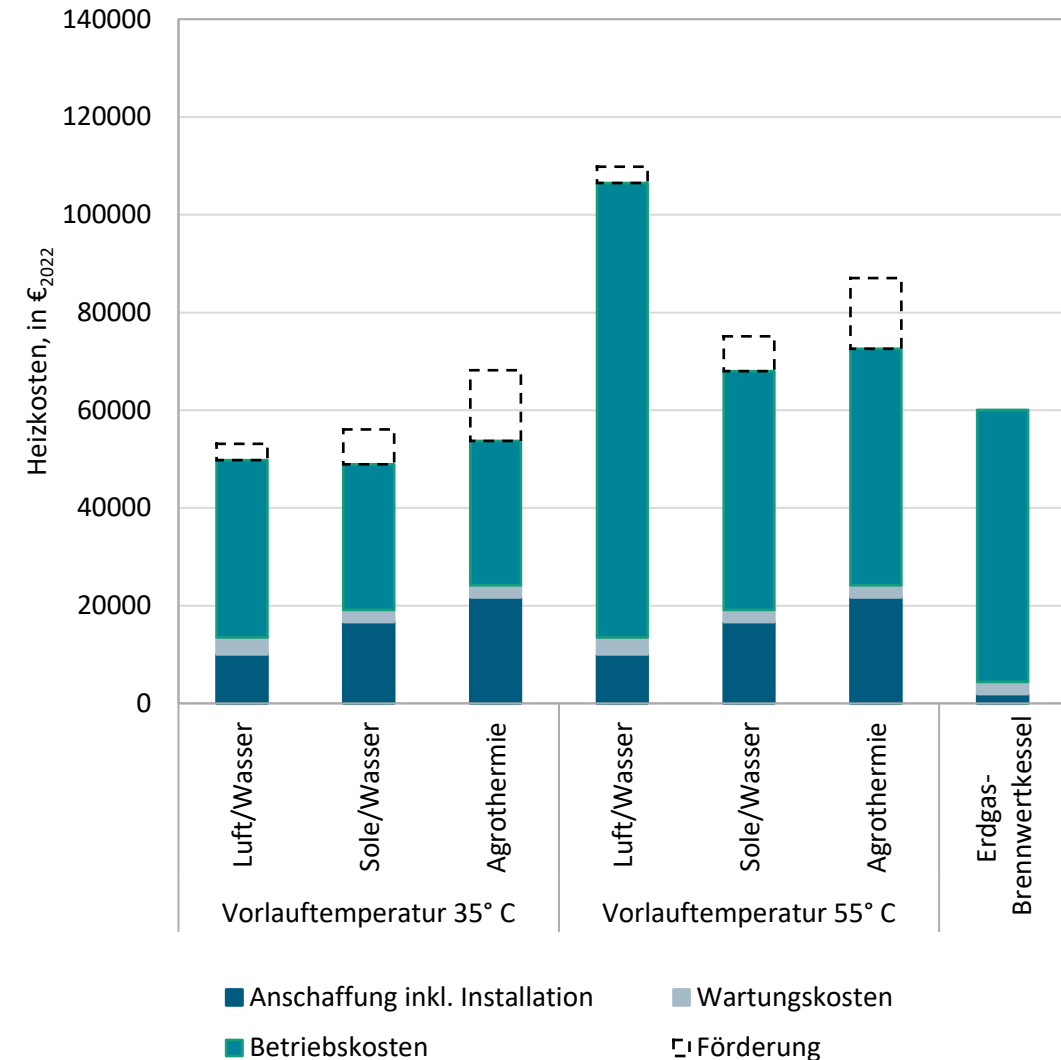
Kumulierte Wärmegestehungskosten für ein Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 30.000 kWh, für den Zeitraum 2020 - 2040 bei suboptimaler Preisentwicklung

# Machbarkeit: Wärme

## Optimaler Preisentwicklung

Ergebnis: Klimaneutrale Wärmeerzeugung ist machbar

- Unter **optimaler Preisentwicklung** (niedrige Strompreise 22,11 ct/kWh, hoher Erdgaspreise 7,39 ct/kWh bis 2040) und einem jährlichen Wärmeverbrauch von 30.000 kWh
  - Bei Vorlauftemperatur von 35° C (Energetische Sanierung nötig):
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **8,21 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **8,02 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **9,40 ct/kWh**
  - Bei Vorlauftemperatur von 55° C:
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **17,67 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **11,20 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **12,55 ct/kWh**
  - Vergleich Erdgasbrennwertkessel: **10,42 ct/kWh**
- Bei Sole/Wasser Wärmepumpen ist ein Erdwärmequelle nötig → hohe Investitionskosten für Wärmequelle und nicht immer möglich
- Agrothermie teurer, jedoch keine Investitionskosten für Verbraucher
  - Wärmelieferung in Contracting Modell; auch Wärmepumpe im Besitz der Netzbetreiber
  - Keine Flächenkollektoren oder Erdwärmesonden am Gebäude nötig



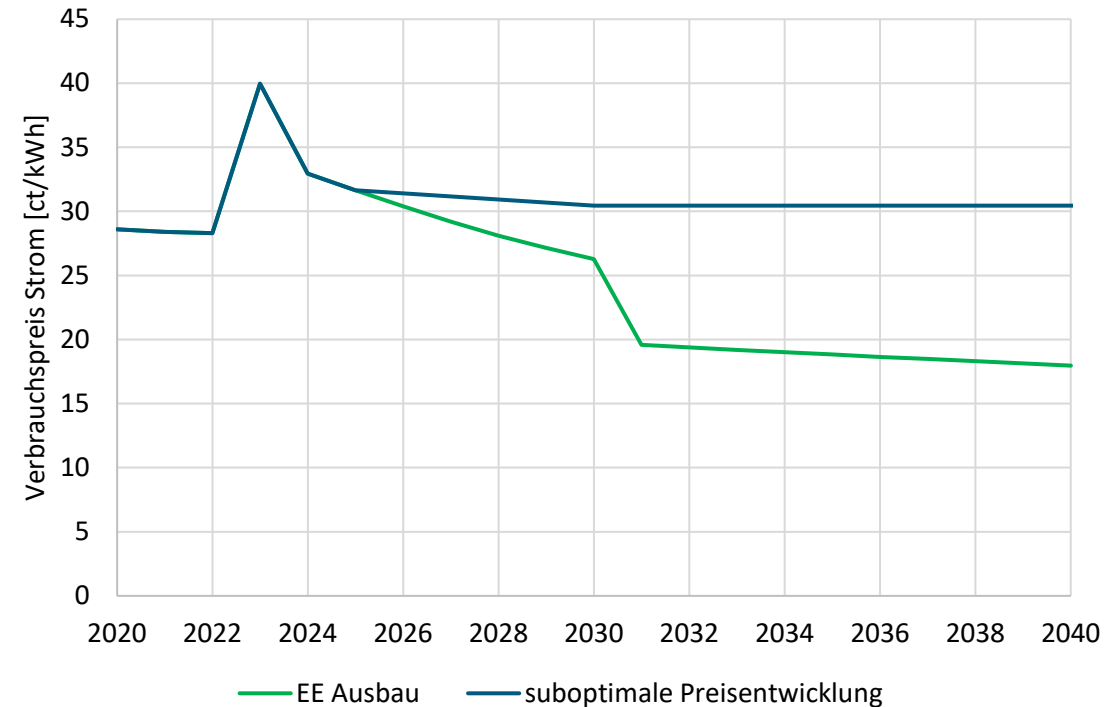
Kumulierte Wärmegestehungskosten für ein Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 30.000 kWh, für den Zeitraum 2020 - 2040 bei optimaler Preisentwicklung

# Machbarkeit: Wärme

## Eigenverbrauch EE-Strom

Ergebnis: Reduzierte Stromkosten durch Ausbau und Nutzung von Photovoltaikanlagen (EE Ausbau)

- Durch erneuerbaren Strom aus Ausbau (PV Anlagen) ab 2025 und Gründung einer Energiegenossenschaft in der Gemeinde → Wärmepumpen günstiger
  - Annahme: Bilanzielle Integration von Windstrom ins Niederspannungsnetz ab 2031
  - Zukauf in Gemeinde erzeugter EE-Strom bei 15 ct/kWh, Netzstrom unter suboptimaler Preisentwicklung
  - Verbrauchspreis nach Anteil von EE Strom und Netzstrom
    - 2030: **26,28 ct/kWh**
    - 2040: **17,96 ct/kWh**
  - Vergleich Netzstrompreis: **30,44 ct/kWh** (Netzstrompreis konstant ab 2030 da keine Prognosen mit Berücksichtigung der Ukraine Krise ab 2030 vorhanden)

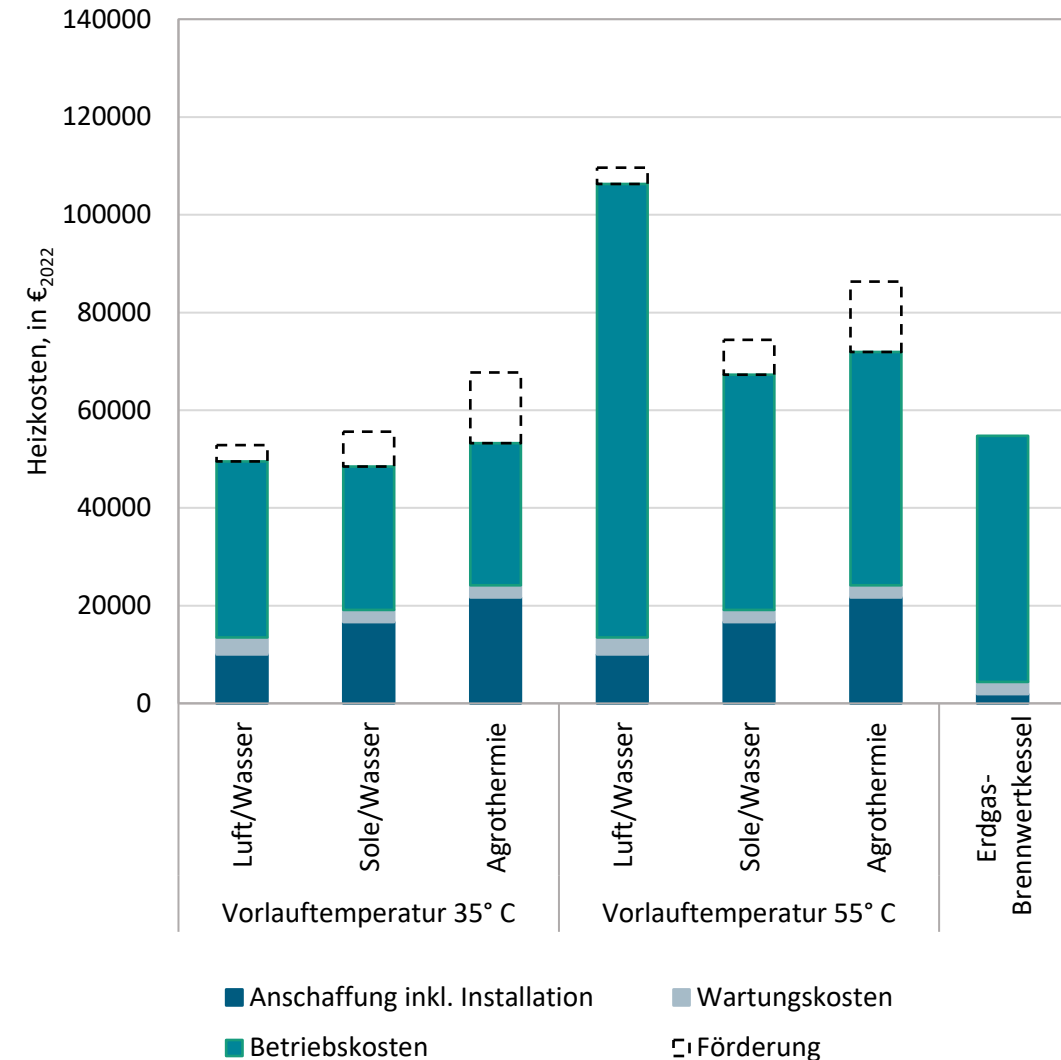


Entwicklung der Verbrauchspreise für Strom bei EE Ausbau und suboptimaler Preisentwicklung  
Quelle: „Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern“, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH

# Machbarkeit: Wärme Eigenverbrauch EE-Strom

Ergebnis: Reduzierte Stromkosten durch Ausbau und Nutzung von Photovoltaikanlagen (EE Ausbau)

- Unter **suboptimaler Preisentwicklung** (niedrige Erdgaspreise 6,4 ct/kWh bis 2040) und einem jährlichen Wärmeverbrauch von 30.000 kWh
  - Bei Vorlauftemperatur von 35° C (Energetische Sanierung nötig):
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **8,79 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **7,94 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **9,51 ct/kWh**
  - Bei Vorlauftemperatur von 55° C:
    - Luft/Wasser Wärmepumpen: **17,64 ct/kWh**
    - Sole/Wasser Wärmepumpen: **11,07 ct/kWh** (Erdwärme-Flächenkollektor)
    - Agrothermie: **12,73 ct/kWh**
- Vergleich Erdgasbrennwertkessel: **9,32 ct/kWh**



Kumulierte Wärmegestehungskosten für ein Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 30.000 kWh, für den Zeitraum 2020 - 2040 bei EE Ausbau

# Machbarkeit: Wärme Pufferspeicher

Ergebnis: Mit Pufferspeichern könnte der Autarkiegrad erhöht werden

- Analyse für das Jahr 2045 mit Wärmepumpenausbau zur Erreichung der Klimaneutralität im Gebäudesektor bis 2045 (nach BDI Klimapfade 2.0)
- Erneuerbarer Strom aus dem Zubau von PV Anlagen
- Wärmespeicher wird bei Überschuss an erneuerbarem Strom geladen und bei Defizite entladen (anstatt mit Netzstrom zu Heizen)
- Grenzwertanalyse, mit Betrachtung der Anschaffungskosten, Speichermodellierung, Stromkosten (15 ct/kWh für eigenerzeugte Strom, 30,44 ct/kWh für Netzstrom)
- Mit einem Speichervolumen von 500 l pro Haushalt kann der Autarkiegrad von 50% auf 71% gesteigert und eine Betriebskostensparnis (inkl. Invest. Speicher) von 4% erzielt werden
- Der maximal erreichbare Autarkiegrad liegt bei 79 %, erfordert aber große Speichervolumina von ca. 6000 l pro Haushalt
- Eine maximale Betriebskostenreduktion von 5,6 % kann mit einem Speichervolumen von 1418 l erreicht werden

| Ziel                              | Autarkiegrad | Speichervolumen pro Haushalt | Betriebskostensparnis | Zusätzliche Wärmebedarf aufgrund Wärmeverluste |
|-----------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------|--|
| <b>Maximale Autarkie</b>          | 79 %         | 5952 l                       | -0,75 %               | 25 %   |
| <b>Räumlichen Begrenzungen</b>    | 71 %         | 500 l                        | 4 %                   | 2,1 %  |
| <b>Minimierung der Heizkosten</b> | 76 %         | 1418 l                       | 5,6 %                 | 6,1 %  |
| <b>Ohne Speicher</b>              | 50 %         |                              |                       |  |

*Ergebnisse der Grenzwertanalyse*



# Machbarkeit: Wärme

## Nächste Schritte

### Empfehlung für nächste Schritte

- Bürger über die detaillierte Kostenanalyse in der Studie informieren
- Vorhandene Heizungsanlage könnte für Wärmepumpen geeignet sein. Prüfen der Eignung vom Eigentümer durch:
  - Reduzierung Vorlauftemperatur am bestehenden Kessel
  - Erhöhung der Effizienz des Heizsystems durch hydraulischen Abgleich
  - Wärmequelle für Wärmepumpen mit Pre-Check-Tool WPsource vergleichen; bei [siz-energie-plus.de](http://siz-energie-plus.de) abrufbar.
- Initiieren einer kommunalen Wärmeplanung durch die Gemeinde
  - Für Nebelschütz in der Strukturwandelregion mit bis zu 100% gefördert
  - Idee: kostenlose Wärmechecks für Bürger um Datengrundlage für Wärmeplanung zu ermitteln
  - Agrothermie: Nähere Betrachtung mit Erdwärmedynamik-Modellierung in 2 m Tiefe für die Bodenschichten in Nebelschütz nötig



Bildquelle: ConsulTherma

# Fraunhofer IEG

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Außenstelle Zittau

Äußere Oybiner Straße 16

02763 Zittau

Deutschland

Email: [sree.paruchuri@ieg.fraunhofer.de](mailto:sree.paruchuri@ieg.fraunhofer.de)

Telefon: +49 355 35540-206

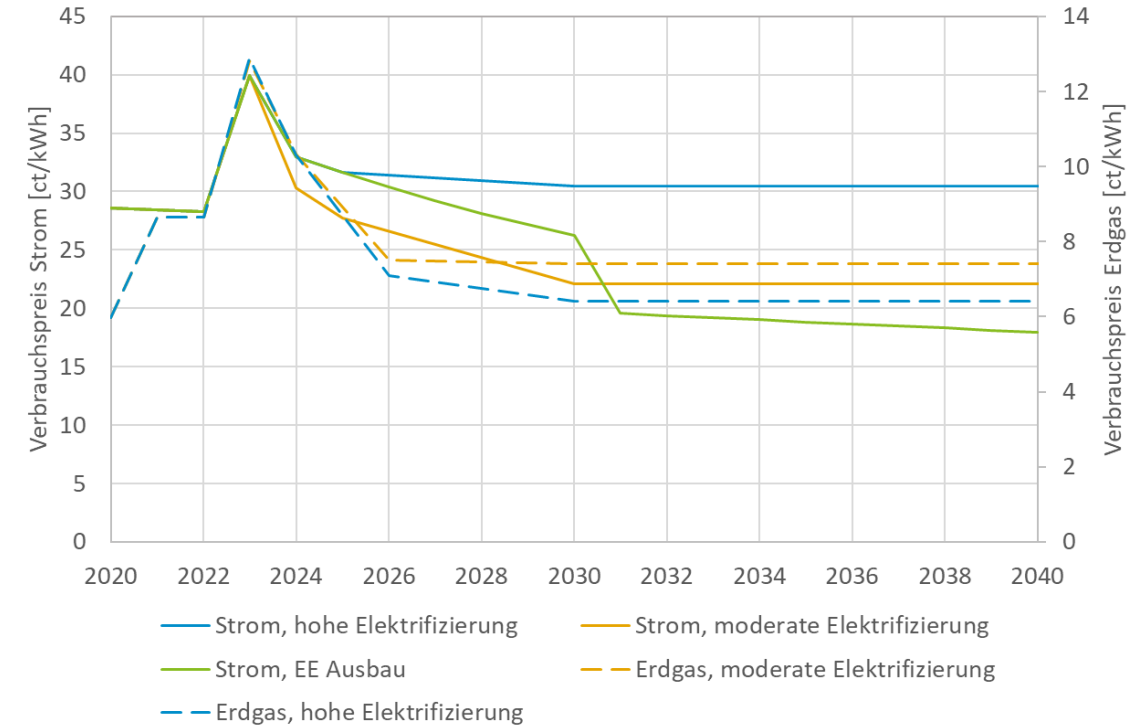
# BACKUP FOLIEN

# Machbarkeit: Wärme

## Fraunhofer IEG

### Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Kleine Datengrundlage aufgrund geringe Rückmeldung bei Umfrage
- Unterberücksichtigung drei Strom- und Erdgaspreisentwicklungsszenarien
- Modellierung unter Berücksichtigung der veränderliche Betriebsparameter
- Kostenanalyse unter Berücksichtigung Investitions-, Installations-, Betriebs- und Wartungskosten; inklusive Förderung
- Wärmepumpen:
  - Luft/Wasser
  - Sole/Wasser
    - Erdwärmekollektoren
    - Erdwärmesonden
- Agrothermie:
  - Dezentrale Sole/Wasser Wärmepumpen, zentrale Erdwärmekollektorfeld
  - Wärme aus Kollektorfeld per Kalt-Nahwärmenetz
    - Ungedämmte PE Rohr in 1 m Tiefe





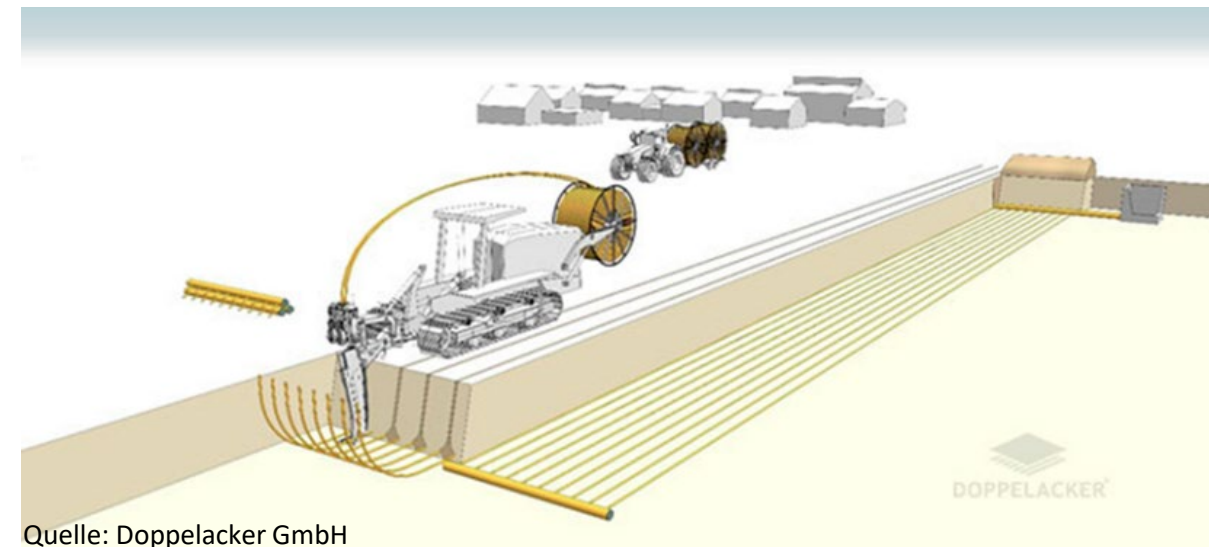
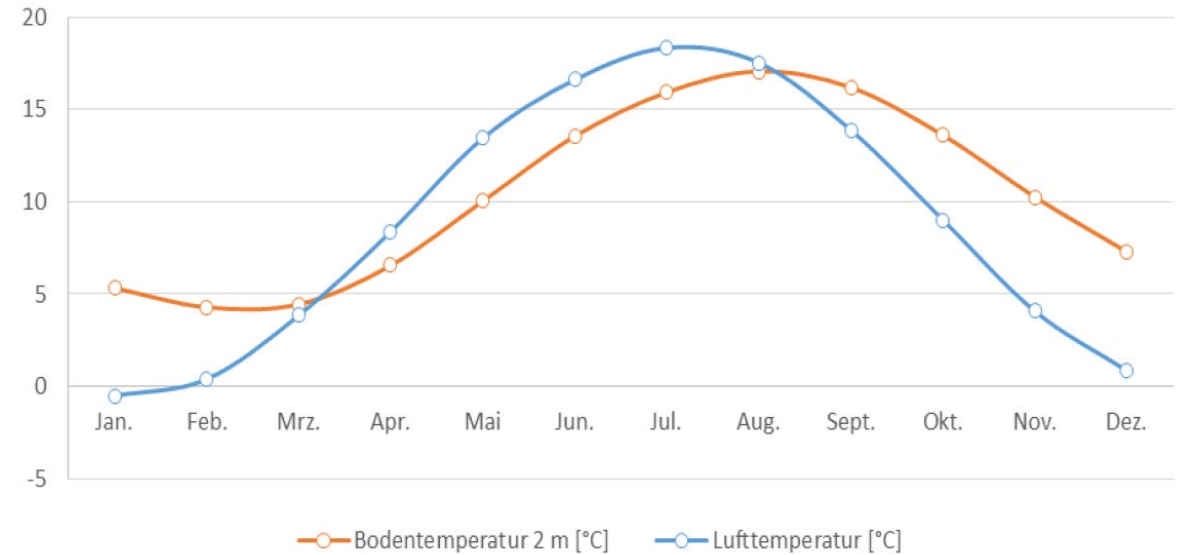
# Machbarkeit: Wärme

## Fraunhofer IEG

Mögliche Lösung für die Gemeinde: Agrothermie

- Bodentemperatur – Lufttemperatur Verhältnis
- Erdwärmekollektoren in einer Tiefe von 2 m großflächig im Boden verlegt
  - Weiternutzung der Ackerfläche: „Doppelacker“
- Durch „kalt-Nahwärmenetz“ wird die Bodenwärme an Wärmepumpen geführt
  - Reduzierung der Temperaturhub und Steigerung COP

Verlauf Lufttemperatur - Bodentemperatur 2 m Tiefe (1895-2017)



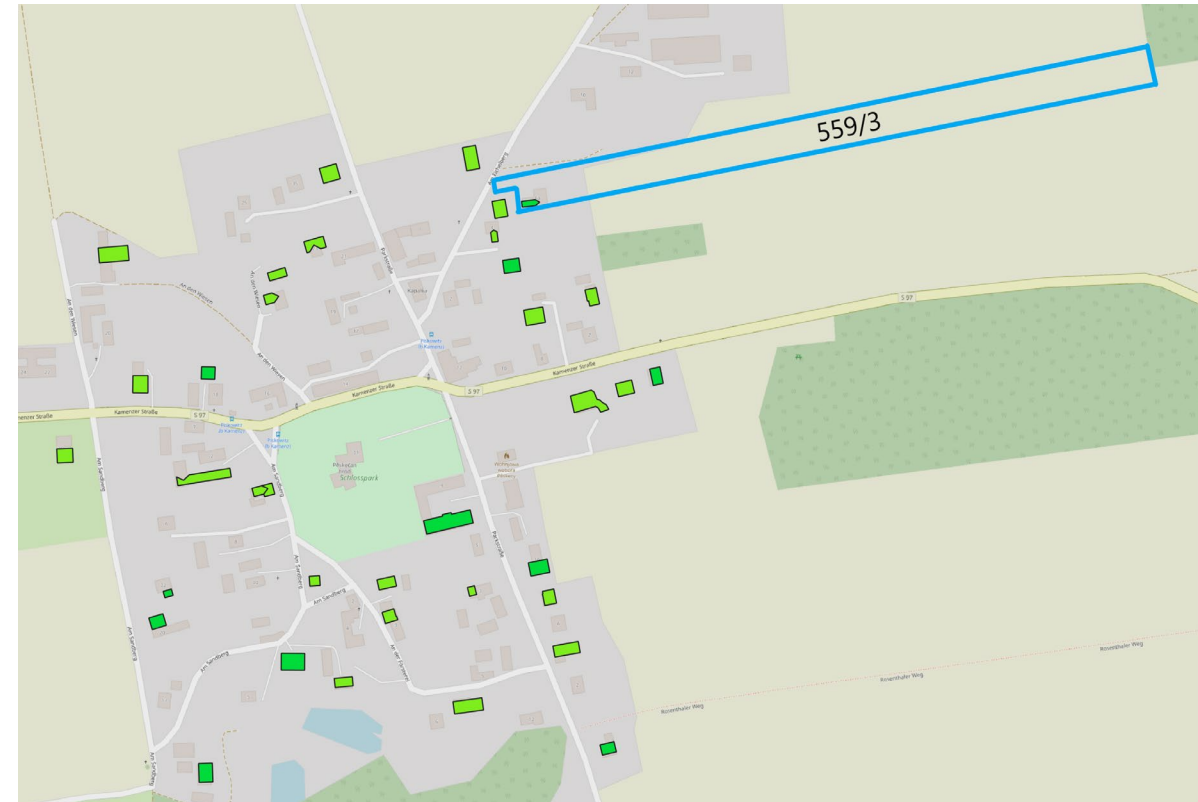


# Machbarkeit: Wärme

## Fraunhofer IEG

### Mögliche Lösung für die Gemeinde: Agrothermie

- In Piskowitz 1 ha Feld von priv. Eigentümer zur Verfügung gestellt
  - Gute Gebäudebestand für ein kalt-Nahwärmenetz
- Nächste Schritte:
  - Ermittlung Strombedarf Wärmepumpen
  - Dimensionierung Wärmespeicher
  - Untersuchung Ausbau Wärmenetz
  - Kosten-Analyse



Quelle: Openstreetmap Contributors

---

# ENKELTAUGLICHE ENERGIEVERSORGUNG DER GEMEINDE NEBELSCHÜTZ/GMEJNA NJEJELČICY

„ZUKÜNFTIGE SPEICHER- UND VERTEILKONZEPTE FÜR DEN ELEKTRISCHEN STROM UND DER WÄRME“

13. März 2023, Nebelschütz

Danilo Költzsch

---



# Speicher

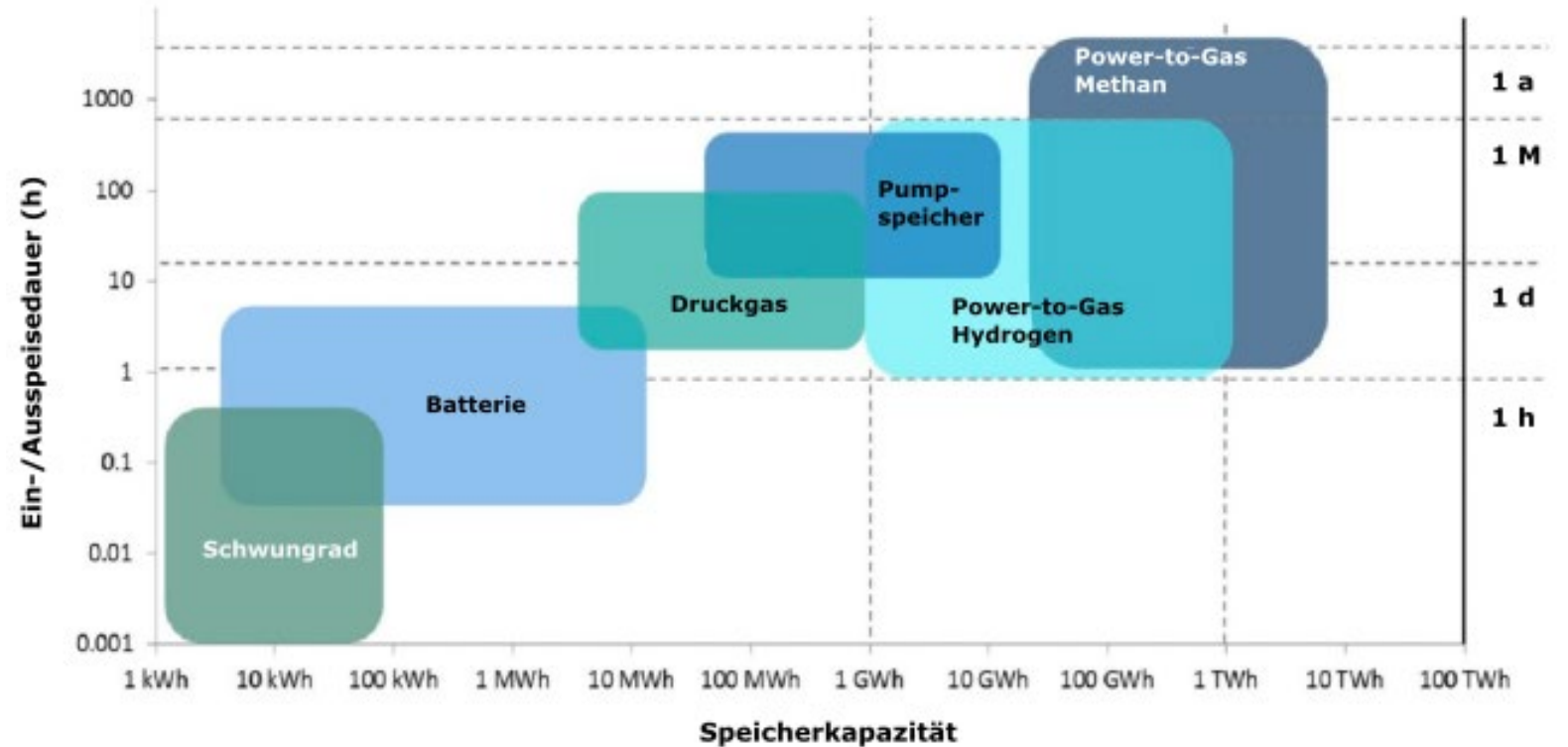
## Agenda

- Energiespeichermöglichkeiten
- Abgeschätzter Energiebedarf des Speichers
- Energiespeicher Wasserstoff / Batterie und Einsatzmöglichkeiten
- Berechnung einiger Szenarien
- Schlussfolgerungen

# Speicher

## Energiespeichermöglichkeiten

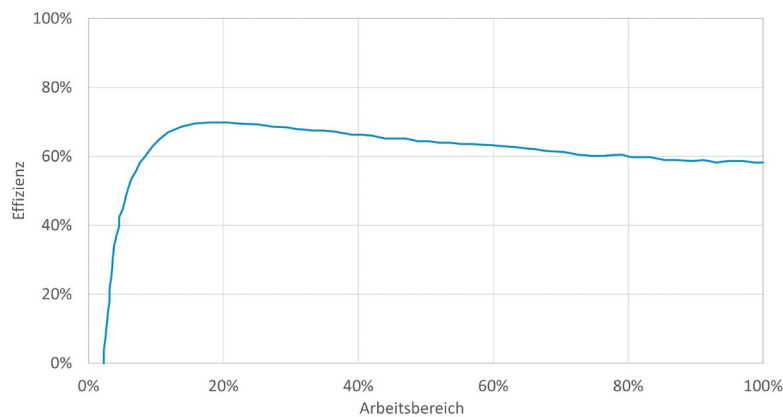
- Hier Berücksichtigt
  - Wasserstoffspeicher
    - Kurz- & Langzeit
    - Hohe Investitionskosten
    - Ideal für WKS
  - Batteriespeicher
    - Kurzzeit
    - Moderate Investitionskosten
    - Ideal für PV



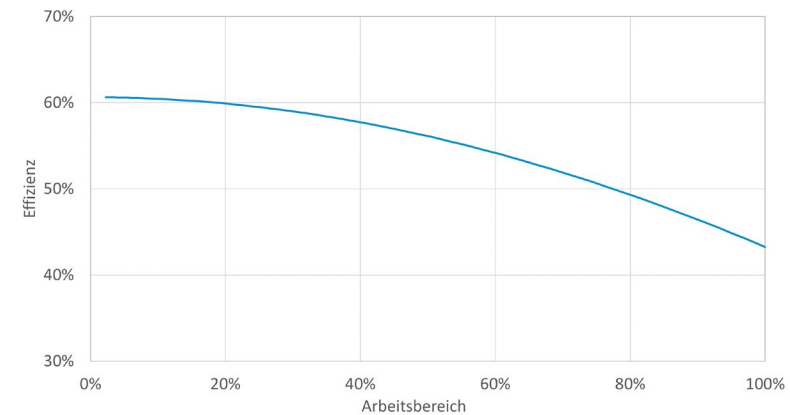
# Speicher

## Energiespeichermöglichkeiten

- Batteriespeicher
  - Lithium Ionen Akkus mit durchgehend hoher Effizienz über den ganzen Arbeitsbereich
- Wasserstoffspeicher
  - PEM Elektrolyseure sehr dynamisch einsetzbar
  - Wasserstoff wird verdichtet und in Druckgaspeichern (Stahl tanks) gespeichert
  - PEM Brennstoffzellen rückverstromt



Effizienz Elektrolyseur mit Verdichter



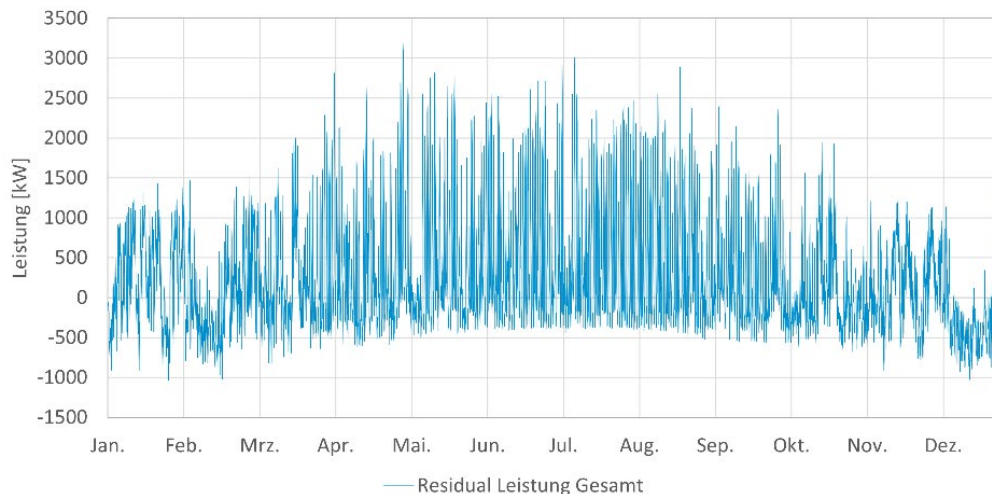
Effizienz Brennstoffzelle



# Speicher

## Abgeschätzter Energiebedarf des Speichers

- Auswertung der zwei beschriebenen Ausbauszenarien (Referenz- und Zielszenario)
- Kurzzeitspeicher Auslegung anhand des Energiebezugs aus dem Netz in den Bilanzkreis
  - Abschätzung von Speichergrößen anhand von Gesamtenergie aus dem Netz
  - Abschätzung Anlagengröße Elektrolyseur und Brennstoffzelle anhand gemittelter Tagesleistung / -bedarf



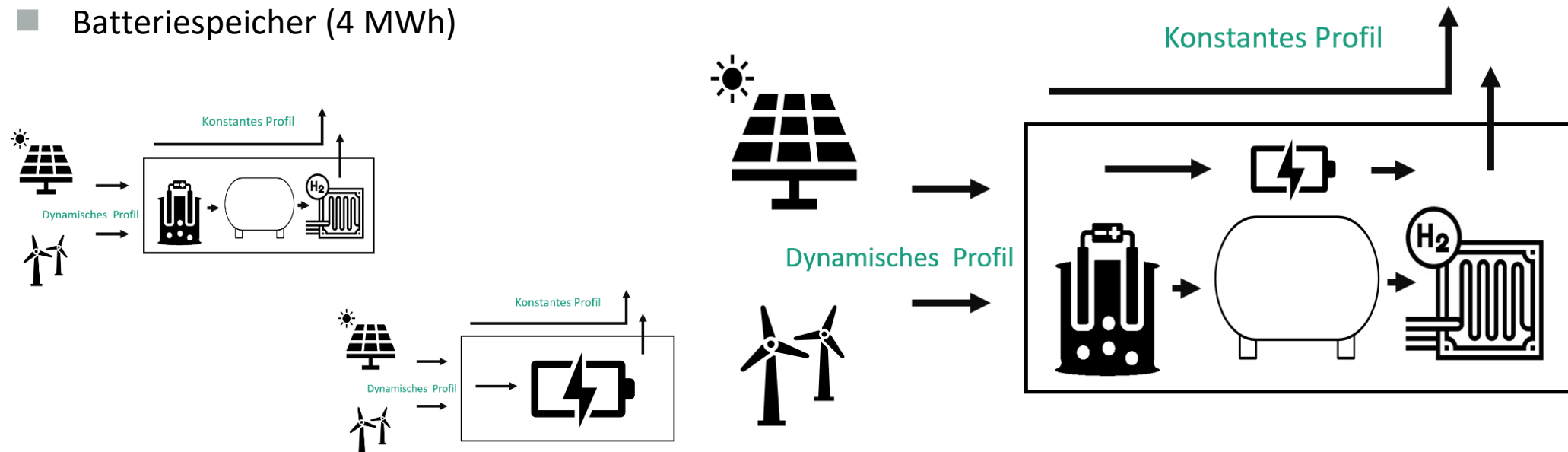
|                                 | Referenzszenario | Zielszenario     |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| Summe Energie                   | 2160 MWh         | 540 MWh          |
| Maximal Leistung                | <b>3180 kW</b>   | <b>3140 kW</b>   |
| Minimal Leistung                | <b>-1040 kW</b>  | <b>-2250 kW</b>  |
| Gesamtenergie aus Bilanzkreis   | 3055 MWh         | 3600 MWh         |
| Gesamtenergie Netzeinspeisung   | 3360 MWh         | 2815 MWh         |
| Gesamtenergie Netzbezug         | <b>-1200 MWh</b> | <b>-2275 MWh</b> |
| Maximaler Energiespeicherbedarf | 95 MWh           | 383 MWh          |

Residual Energie ohne Speicher (Referenzszenario)

# Speicher

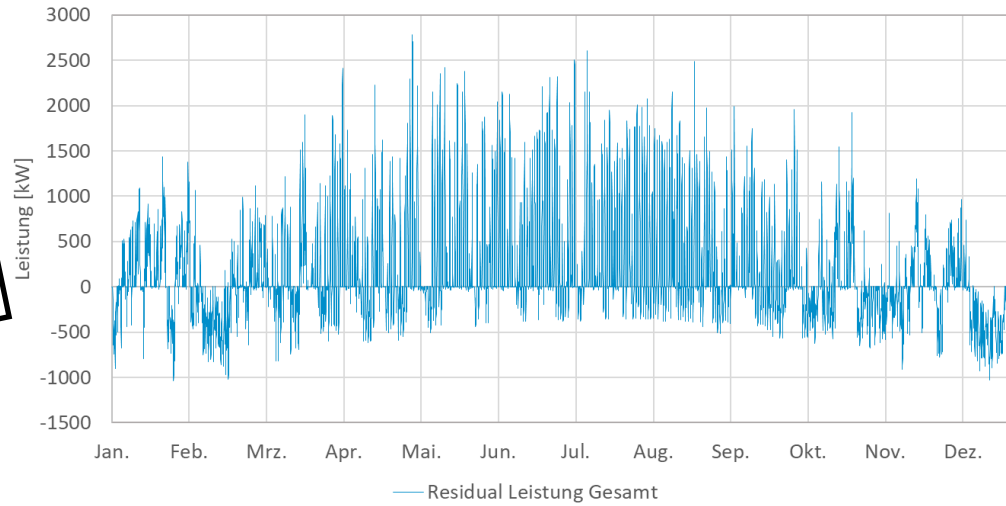
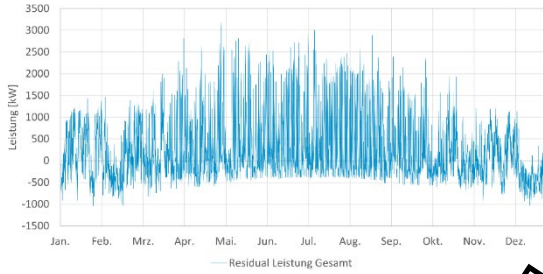
## Energiespeicher Wasserstoff / Batterie und Einsatzmöglichkeiten

- Einsatz als Kurzzeitspeicher in verschiedenen Konfigurationen (z.B. Referenzszenario)
  - Wasserstoffspeicher (400 kW Elektrolyseur / 800 kW Brennstoffzelle / 800 kg Tank)
  - Wasserstoffspeicher mit kleinem Batteriespeicher (400 kW Elektrolyseur / 400 kW Brennstoffzelle / 400 kg Tank / 45 kWh Batteriespeicher )
  - Batteriespeicher (4 MWh)

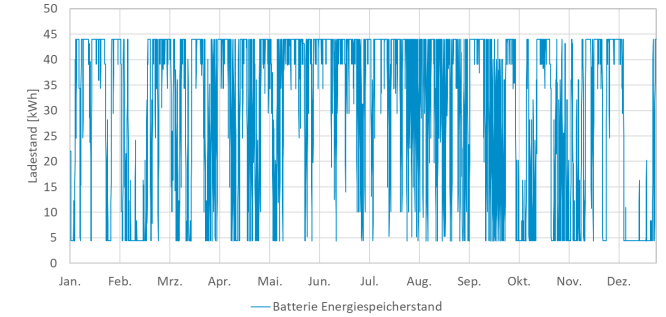


# Speicher

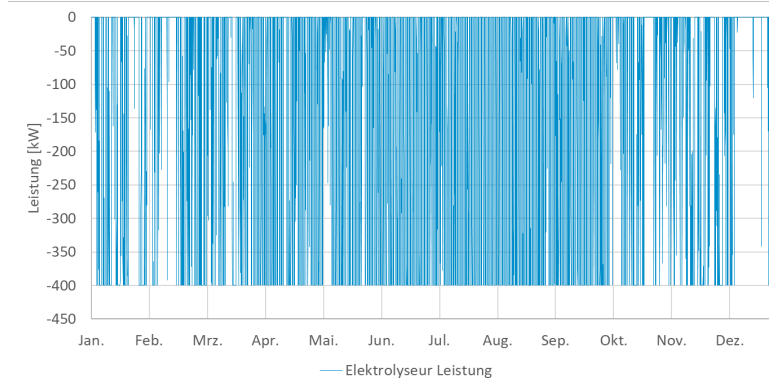
## Berechnung einiger Szenarien – Wasserstoffspeicher – mit Batteriespeicher (Referenzszenario)



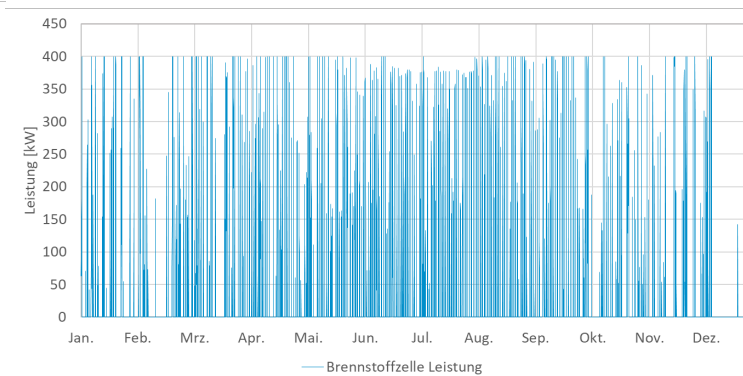
Vergleich Residualenergie  
mit und ohne Speicher



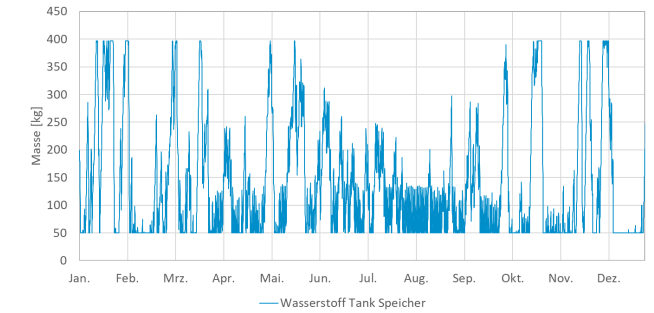
Batteriespeicher



Arbeitsverhalten Elektrolyseur (Speicherung)



Arbeitsverhalten Brennstoffzelle (Rückspeisung)



Wasserstoffspeicher

# Speicher

## Berechnung einiger Szenarien – Vergleich (Referenzszenario)

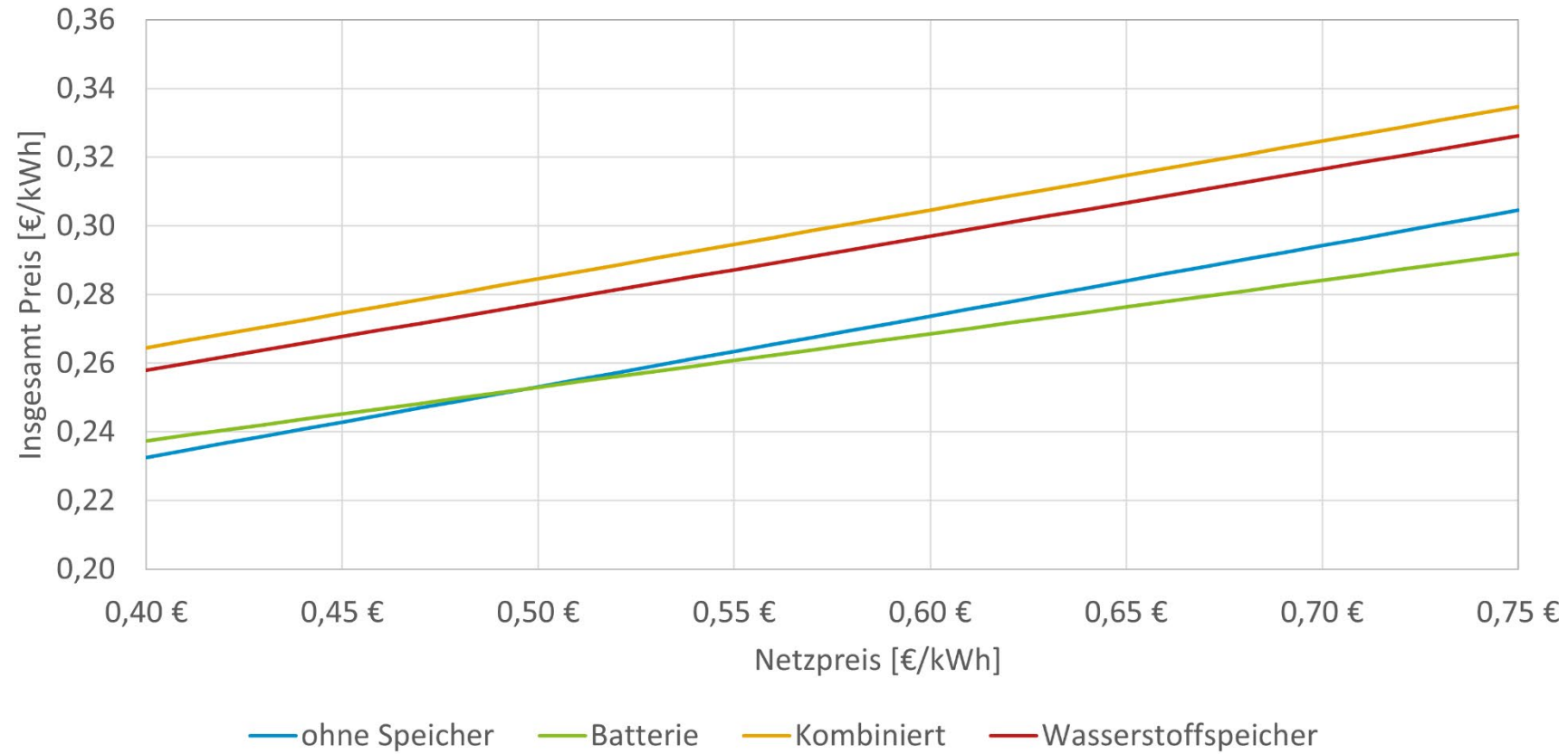
- Ergebnisse (Ausschnitt):  
Batteriespeicher am wirtschaftlichsten

|                               | Ohne Speicher | Wasserstoff | Kombiniert  | Batterie    |
|-------------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| Anlagenkosten                 |               | 1,90 Mil. € | 1,88 Mil. € | 1,94 Mil. € |
| Summe Energie                 | 2160 MWh      | 1120 MWh    | 1190 MWh    | 2040 MWh    |
| Rückgespeiste Energie 1       |               | 370 MWh     | 345 MWh     | 547 MWh     |
| Rückgespeiste Energie 2       |               |             | 6 MWh       |             |
| Gesamtenergie aus Bilanzkreis | 3055 MWh      | 3055 MWh    | 3055 MWh    | 3055 MWh    |
| Gesamtenergie Netzeinspeisung | 3360 MWh      | 1950 MWh    | 2040 MWh    | 2690 MWh    |
| Gesamtenergie Netzbezug       | -1200 MWh     | -830 MWh    | -855 MWh    | -655 MWh    |
| Preis für 0,10 €/kWh          |               | 0,98 €/kWh  | 1,08 €/kWh  | 0,55 €/kWh  |
| Preis für 0,10 €/kWh          |               |             | 0,81 €/kWh  |             |

# Speicher

## Schlussfolgerungen - Preisdiskussion

### ■ Preisbeispiel kWh für verschiedene Strompreise aus dem Netz





# Speicher

## Schlussfolgerungen

- Kein autarkes Netz aber deutlicher Anteil im Profil
  - Weniger Verkauf von Strom zu nicht kostendeckenden Preisen
  - Weniger Zukauf von Strom
  - Mehr Unabhängigkeit gegenüber Weltmarktentwicklung
- Batteriespeicher derzeit besonders attraktiv für dominantes PV – Profil
  - Wasserstoffspeicher könnte bei mehr Windkraftanlagen interessant sein (siehe Studie)
- Wasserstoffspeicher aktuell ohne Förderung zu teuer
  - Preisrückgang wird erwartet wegen Ausbau der Produktionskapazitäten
  - Fördermöglichkeiten für kleinere Anlagen die zur Energiespeicherung notwendig
  - Identifikation von lokalen Abnehmern für Wasserstoff (ÖPNV / Logistik / LPG)



Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushalts

Vielen Dank!

Danilo Költzsch  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  
Fraunhofer-Kunststoffzentrum Oberlausitz  
Theodor-Körner-Allee 6, 02763 Zittau, Germany  
Telefon +49 3583 54086-4031  
Fax +49 3583 54086-4005

[Danilo.Koeltzsch@iwu.fraunhofer.de](mailto:Danilo.Koeltzsch@iwu.fraunhofer.de)

[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)

<https://www.hydrogen-lab.de/>



WASSERSTOFFNETZWERK  
LAUSITZ

<https://durchatmen.org/>