Technische Hochschule
Brandenburg
University of
Applied Sciences
Fachbereich
Technik

EINBINDUNG ÜBERSCHÜSSIGER WINDENERGIE BEI DER ENERGIEVERSORGUNG VON WOHNQUARTIEREN

Mathias Vogel, Tobias Goschin, Robert Flassig
Brandenburg University of Applied Sciences,
Brandenburg a. d. Havel, BRB 14770 Germany
Tel: +49 3381 355-377
E-Mail: robert.flassig@th-brandenburg.de)

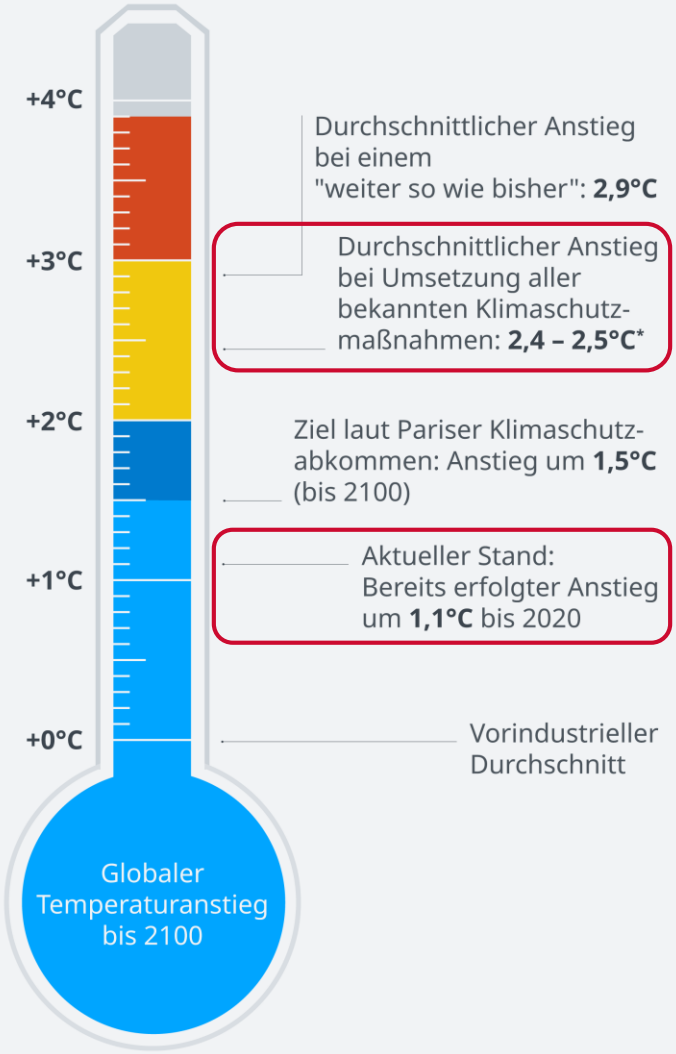
28. Februar 2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Inhalt der Studie
3. Methodik
4. Ergebnisse
5. Fazit/Ausblick
6. Quellen

Voraussichtliche Erderwärmung

Derzeit keine Chance auf 1,5 Grad

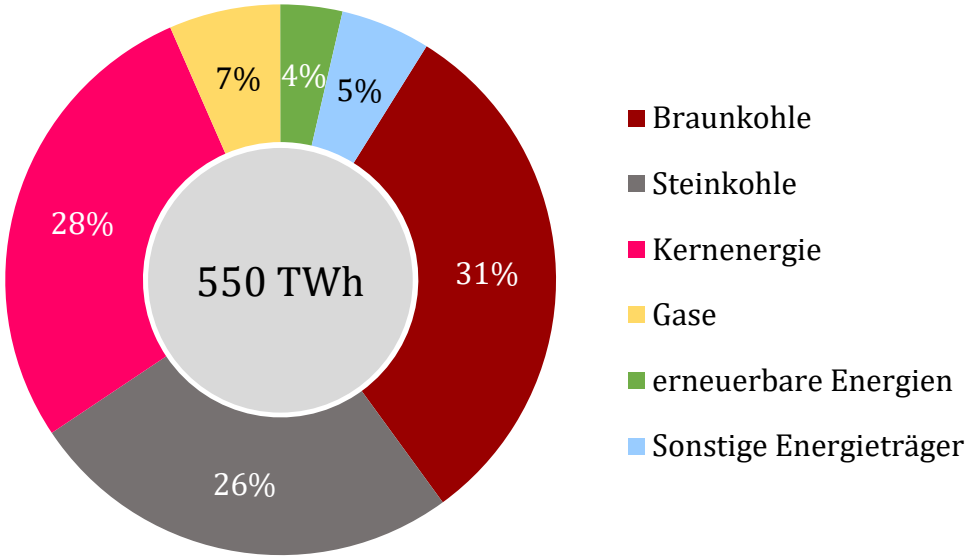


*Durch Chinas neue Klimaziele sinkt der Wert von 2,9 auf 2,4 – 2,5 Grad Celsius

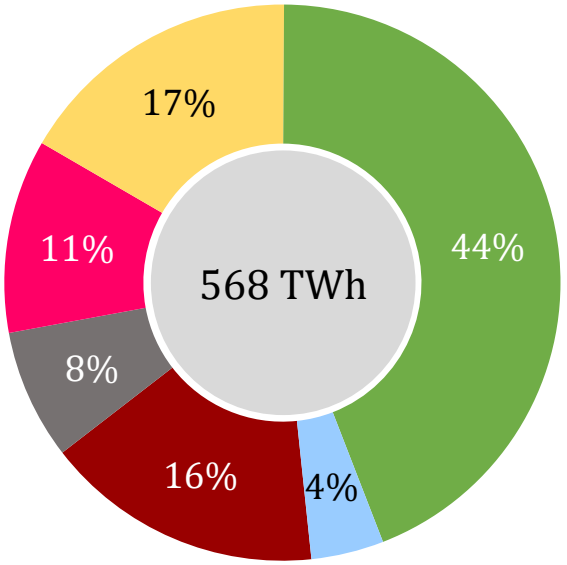
Quelle: Climate Action Tracker, September 2020

1 Einleitung

Bruttostromerzeugung Deutschland 1990



Bruttostromerzeugung Deutschland 2020

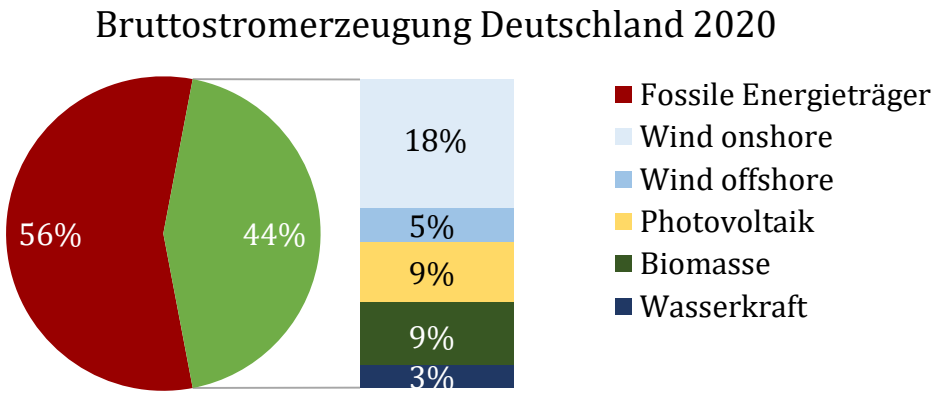


Umweltbundesamt (2022). Erneuerbare Energien in Zahlen.

1 Einleitung

Erneuerbare Energien in Deutschland

- 250 TWh eingespeist in deutsche Stromnetz
- Größter Anteil Wind onshore mit 105 TWh



Umweltbundesamt (2022). Erneuerbare Energien in Zahlen

Netzstabilität

- Abregelung von erneuerbaren Energien
- 5.9 TWh abgeregelte Windenergie
- ~1 % des jährlichen Strombedarfs in Deutschland

Nutzung überschüssiger Windenergie

- Lösungsansatz: Power-to-X Technologien
- Vorteil: steht nicht in Konkurrenz anderer Technologien

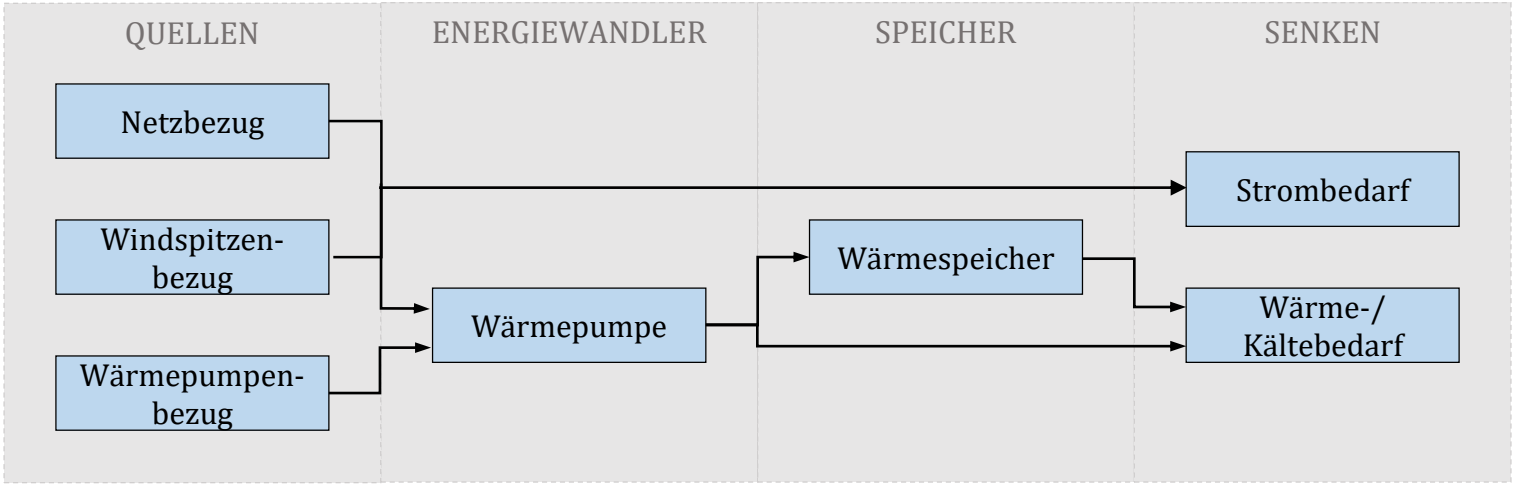
2 Inhalt der Studie

Ziel der Studie

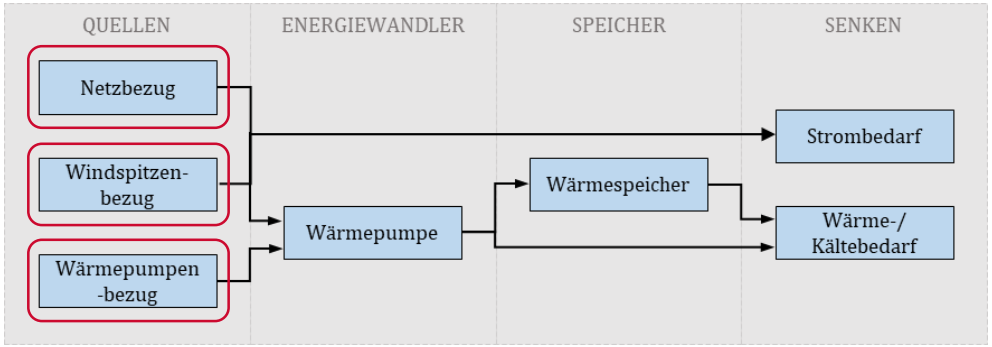
- Ist die Untersuchung der Energieversorgung von Wohnquartieren mit überschüssiger Windenergie

Randbedingungen

- bestehendes Mehrfamilienhaus (Deutschland)
- Zeitdiskrete, techno-ökonomische Modellierung und Optimierung



3 Methodik



Quellen

Netzbezug

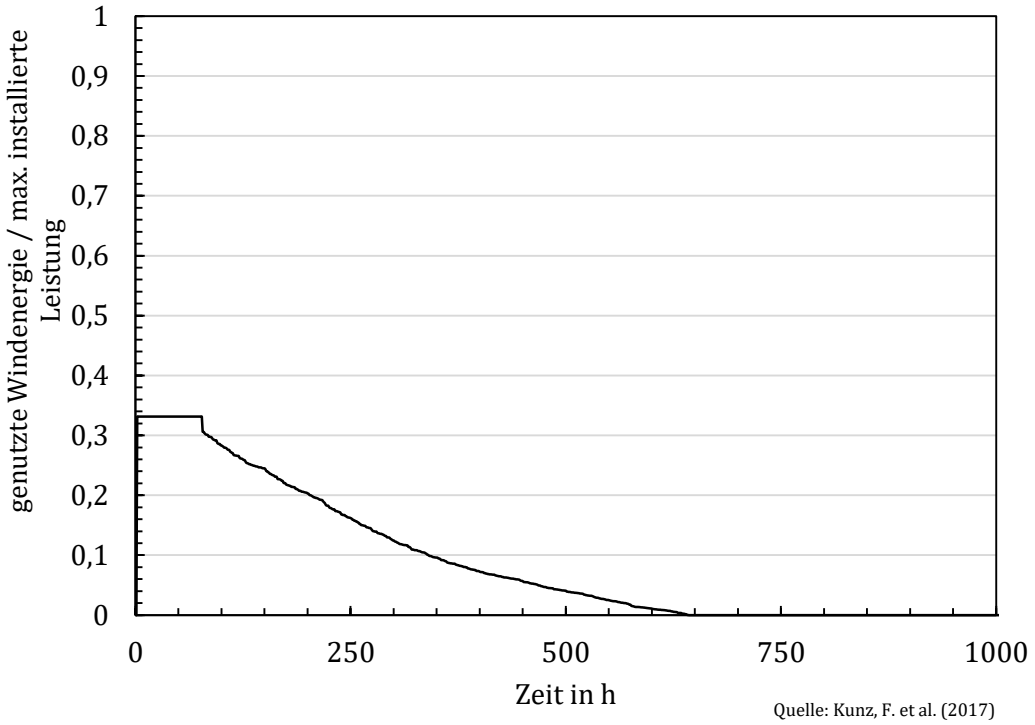
- Bezugspreis: 0.298 €/kWh
- Unbegrenzter Energiebezug

Wärmepumpenbezug

- Bezugspreis: 0.216 €/kWh
- Energiebezug mit Sperrzeiten
- Bedient ausschließlich Wärmepumpe

Windspitzenbezug

- Quelle mit hinterlegtem Leistungsgang



Quelle: Kunz, F. et al. (2017)

3 Methodik

Energiewandler

Wärmepumpe

- Investkosten: 158 €/kW_{th}
- Betriebskosten: 2 % *der Investkosten*
- COP: 4.5

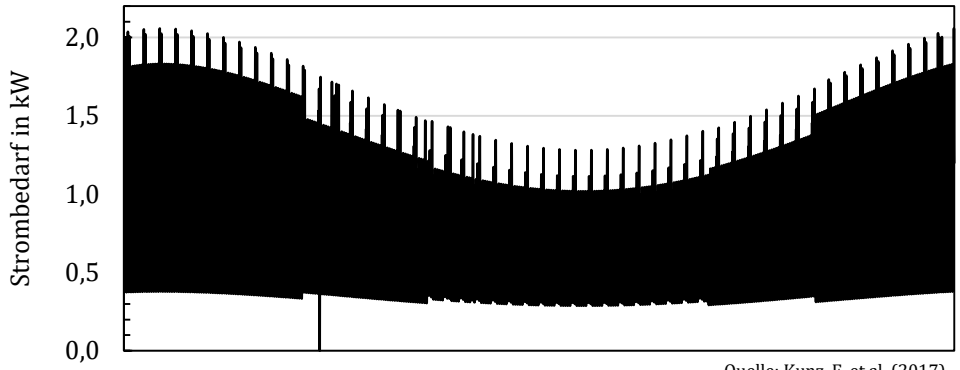
Speicher

Betonkernspeicher

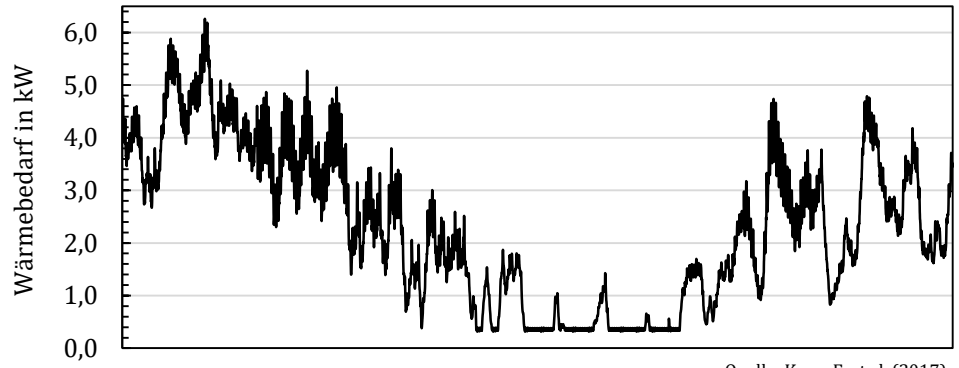
- Investkosten: 1.3 €/kW_{th}
- Wärmekapazität: max. 3000 $kWh_{th}/Speicher$

Senken

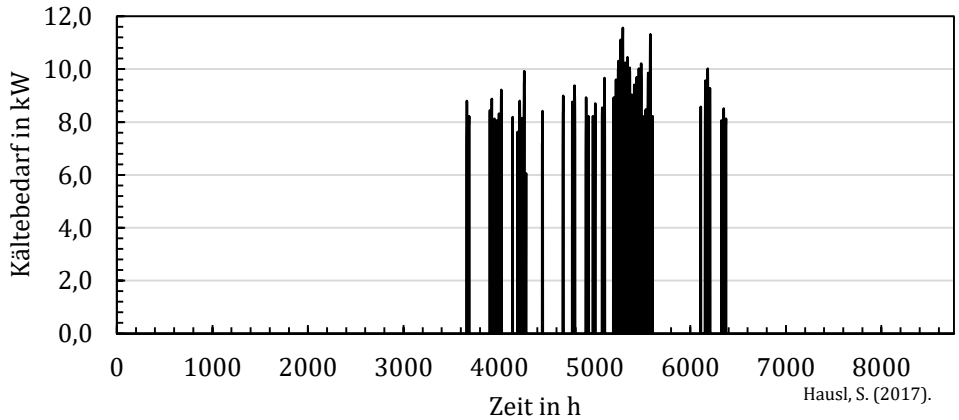
- Strombedarf : 7776 kWh_{el}/Jahr
- Wärmebedarf : 19800 kWh_{th}/Jahr
- Kältebedarf: 2700 kWh_{th}/Jahr



Quelle: Kunz, F. et al. (2017)



Quelle: Kunz, F. et al. (2017)



Hausl, S. (2017).

3 Methodik

Einstellbare Parameter

Preisverhältnis:

$$\Pi = \frac{Windspitzentarif}{Netzbezugstarif}$$

- Beschreibt die Preisgestaltung der Windspitzenenergie
- $\Pi \in \{0;\ 0.25;\ 0.5;\ 0.75;\ 0.9\}$

Leistungsverhältnis:

$$\nu = \frac{max.\ Stromlast\ der\ Wärme}{max.\ Leistung\ Windkraftpark}$$

- Standortspezifischer Faktor
- Beschreibt die Menge an überschüssiger Windenergie
- $\nu \in \left\{\frac{1}{10};\ \frac{1}{100};\ \frac{1}{1000}\right\}$

3 Methodik

Problemformulierung

Optimierungsziel:

- Identifiziere Systemkonfiguration (x) so, dass kosteneffiziente Leistungsflüsse über ein zeitlich stundendiskretes Jahr
- min. $\mathrm{TAC}(x;\ \Pi;\ v)$

$$TAC = CAPEX \cdot \left(\frac{i}{1-(1+i)^{-n}} + OPEX\right)$$

Leistungsflüsse über:

- Quellen, Energiewandler, Speicher, Senken

Systemkonfigurationen (Freiheitsgrade):

- $x = \{Kapazitäten,\ installierte\ Leistung,\ zeitliche\ Leistungsflüsse\}$ $\quad x \epsilon \mathbb{R}^n$
- $n \propto 10^4$

3 Methodik

Kennwerte

Deckungsgrad:

$$\delta = \frac{Windspitzenstromnutzung}{Gesamtstrombedarf}$$

- Gleichzusetzen mit Autarkie

Windspitzenverbrauch:

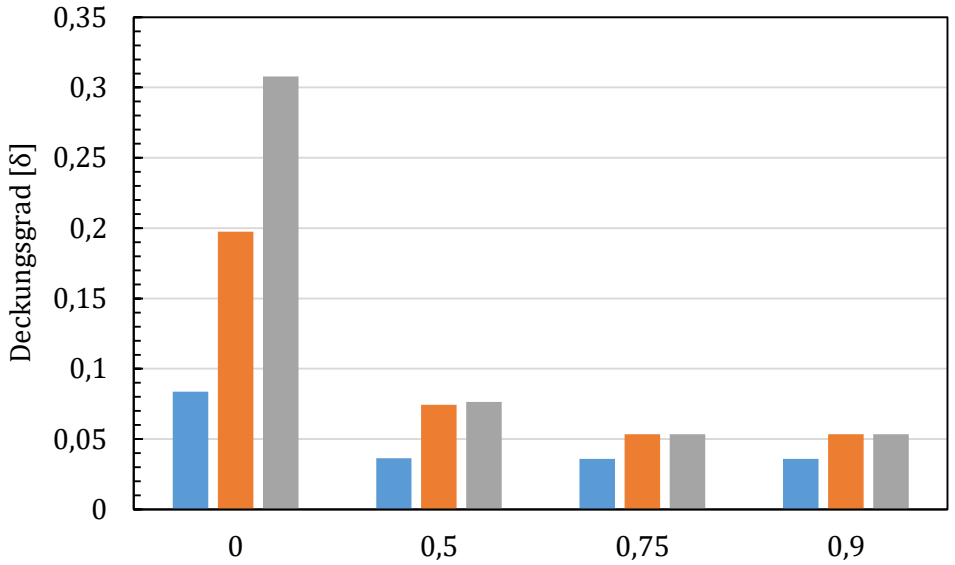
$$\sigma = \frac{Windspitzenstromnutzung}{Windspitzenstromangebot}$$

- Gleichzusetzen mit Eigenverbrauch

4 Ergebnisse

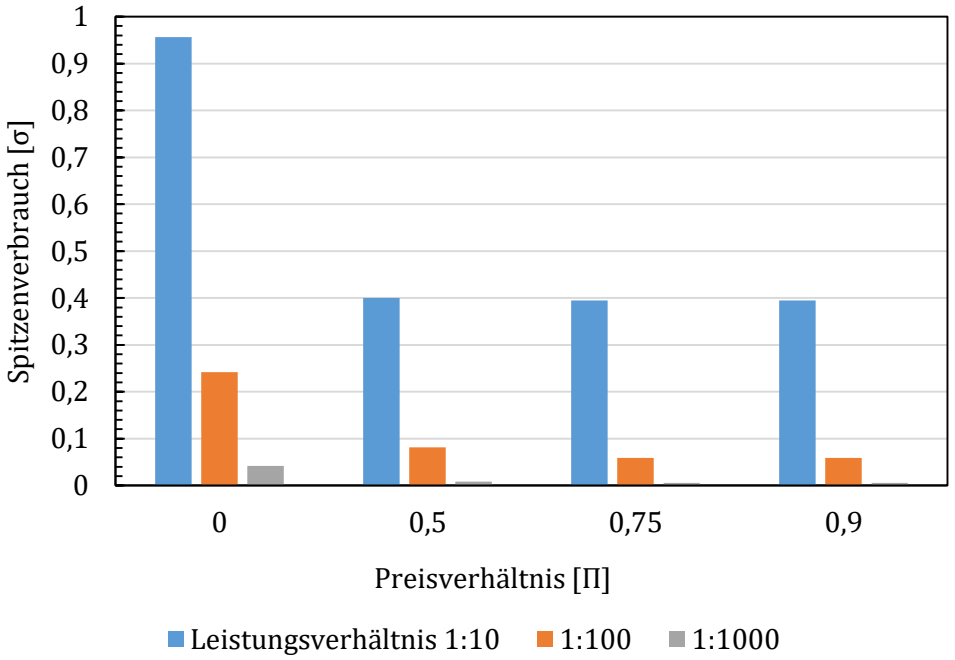
Deckungsgrad [δ]

- 4 – 30 % Deckung möglich
- Preis steuert den Deckungsgrad



Spitzenverbrauch [σ]

- Fast 100 % Spitzenverbrauch möglich
- Stark beeinflusst von der verfügbaren Last



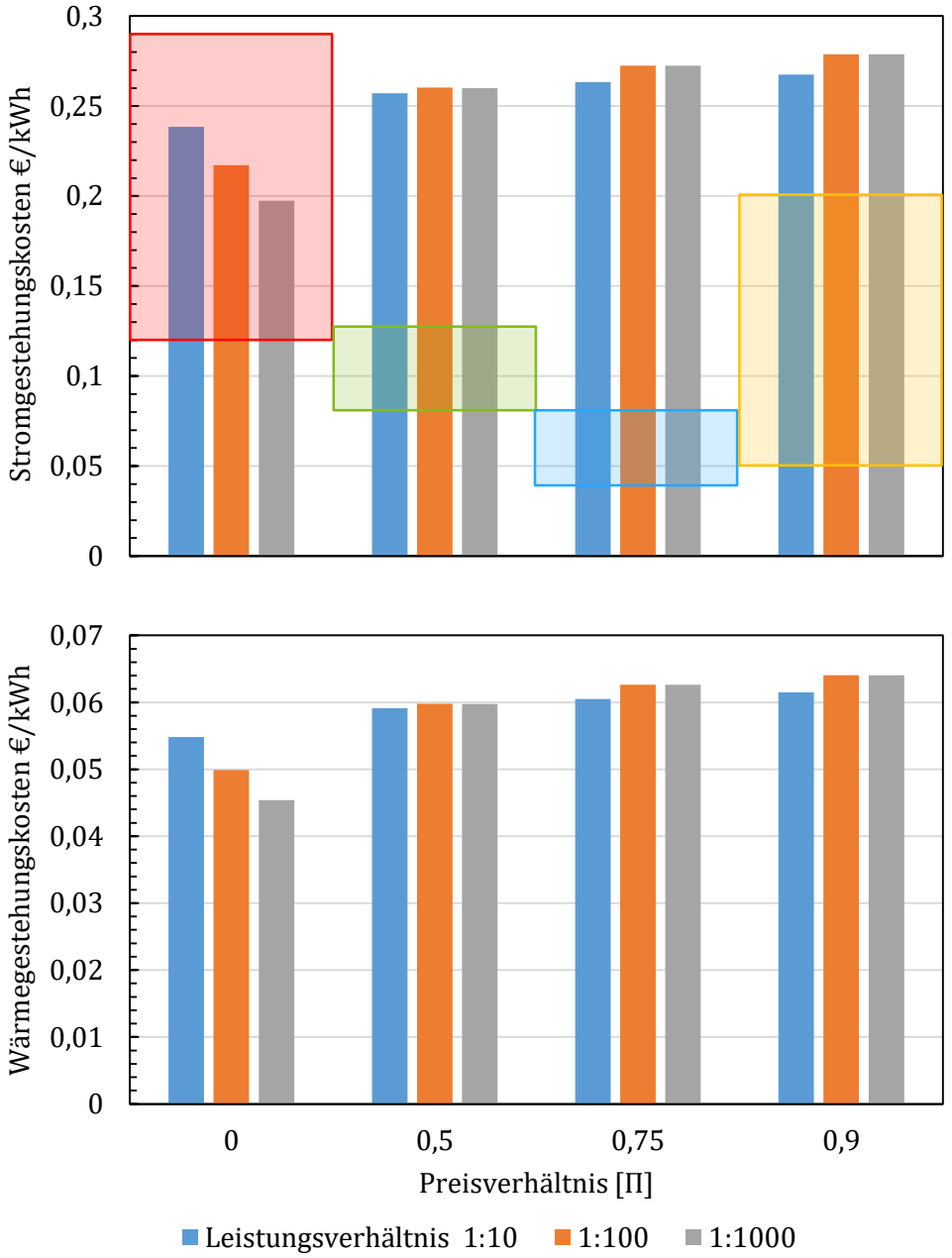
4 Ergebnisse

Stromgestehungskosten

- Gas: 0.12 – 0.29 €/kWh
- GuD: 0.08 – 0.13 €/kWh
- Onshore-Windanlagen: 0.04 – 0.08 €/kWh
- PV-Batteriesysteme: 0.05 – 0.20 €/kWh

Wärmegestehungskosten

- Fernwärme: 0.09 €/kWh
- Ölheizung: 0.132 €/kWh
- Gasheizung: 0.112 €/kWh
- Pelletheizung: 0.128 €/kWh



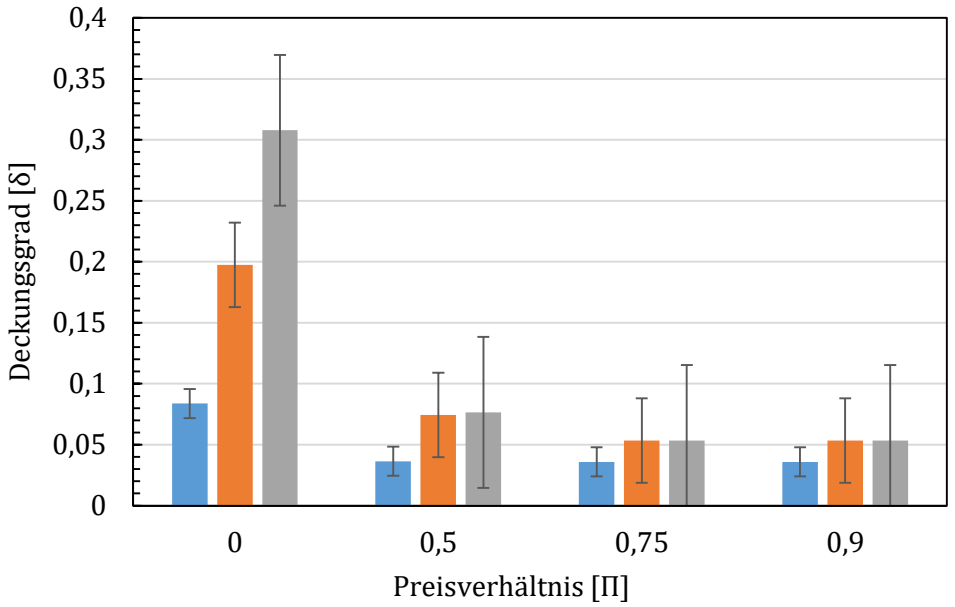
5 Fazit/Ausblick

Fazit:

- Gestehungskosten zeigen dass die Nutzung wirtschaftlich sein kann
- Durch das Preisverhältnis kann die Deckung gesteuert werden
- Für viele Last- und Leistungsverhältnisse geeignet
- Keine Konkurrenz zu bestehenden grünen Energierouten

Ausblick:

- Sensitivitätsanalyse
- CO_2-Bepreisung berücksichtigen
- Andere Ansätze von Power to X



6 Quellen

Bareiß, K. (2020). Potential of power-to-heat from excess wind energy on the city level. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 15(1), 26-43.

Bundesnetzagentur (2020). Quartalsbericht Netz- und Systemsicherheit - Erstes Quartal 2020. Bonn.

Kost, C. et al. (2021). Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Freiburg

Hausl, S. (2017). Auswirkungen des Klimawandels auf regionale Energiesysteme: ein räumlicher Optimierungsansatz. na.

Hilligweg, A., Hofmann, P. (2013). Vordimensionierung von Kältespeichern auf der Grundlage von Gebäudelastprofilen. Sonderdruck / Schriftenreihe der Georg-Simon-Ohm-Hochschule, Nürnberg

Kunz, F. et al. (2017). Reference Data Set: Electricity, Heat, and Gas Sector Data for Modeling the German System (1.0.0) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.1044463.

Liu, P. et al. (2017). PEV charging coordination to absorb excess wind energy via group differ-entiated dual-tariff schemes. Electric Power Systems Research, 151, 208-217.

Technische Universität Berlin (o.J.). Wärmegestehungskosten unterschiedlicher Heizungssysteme. Berlin

Umweltbundesamt (2022). Erneuerbare Energien in Zahlen. Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick.

Welder, L. et al. (2018). Spatio-temporal optimization of a future energy system for power-to-hydrogen applications in Germany. Energy, 158, 1130-1149.

Zhan, S. et al. (2022). Distributionally robust chance-constrained flexibility planning for inte-grated energy system. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 135, 107417.

Technische Hochschule
Brandenburg
University of
Applied Sciences
Fachbereich
Technik

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit