

Wirtschaftlichkeit und CO₂-Emissionen eines dezentralen cross-sektoralen Energiesystems in optimierten Betriebsweisen

Themenbereich: (3) Sektorkopplung und Flexibilität

Sebastian BERG¹⁽¹⁾, Lasse BLAUME⁽¹⁾

⁽¹⁾Fraunhofer UMSICHT

Motivation und zentrale Fragestellung

Primäres Ziel dezentraler cross-sektoraler Energiesysteme (DCES) ist die Deckung der Energiebedarfe der zu versorgenden Gebäude (Strom, Wärme, Kälte etc.). Durch die Kopplung mit dem öffentlichen Stromnetz ergibt sich die Möglichkeit eines markt- sowie CO₂-Emissionsoptimierten Betriebs.

Da der Strompreis und CO₂-Emissionen des Netzstromes aufgrund der Schaltreihenfolge der Grenzkraftwerke durch die Merit-Order der Strombörse miteinander korrelieren [1], wird in dieser Arbeit untersucht, welchen Einfluss ein wirtschaftlich optimierter und ein CO₂-Emissionsoptimierter DCES-Betrieb auf die Betriebskosten und auf die CO₂-Emissionen haben. Die zentrale Fragestellung lautet: Werden durch einen wirtschaftlich optimierten Betrieb im aktuellen Strommarktdesign CO₂-Einsparungen erzielt?

Methodische Vorgangsweise

In der Arbeit wird ein Optimierungsmodell des DCES eines Krankenhauses genutzt. Dieses Mixed-Integer-Linear-Programming (MILP)-Modell beinhaltet ein BHKW, einen Gaskessel, thermische Speicher und einen Netzstromanschluss. Unter der Bedingung, dass die Bedarfe zu jedem Zeitpunkt gedeckt werden müssen, berechnen wir mit dem Modell den betriebskosten- sowie CO₂-Emissionsoptimierten Betrieb. Für den betriebskostenoptimierten Betrieb wird ein Strom-Festpreistarif, sowie ein Strom-Flexpreistarif basierend an den Börsenstrompreisen für das Jahr 2021 genutzt. Für den CO₂-Emissionsoptimierten Betrieb werden die Scope 1 und Scope 2 CO₂-Emissionen für das Jahr 2021 genutzt und mit der Methode von Baumgärtner et al. berechnet [2]. Es werden die Gesamtkosten und die CO₂-Emissionen über den untersuchten Zeitraum bestimmt und verglichen.

Der durchschnittliche Wärmebedarf des Krankenhauses liegt zwischen ca. 300 kW und ca. 800 kW, da sich die Bedarfe saisonal stark unterscheiden (Abbildung 1). Der Strombedarf des Krankenhauses liegt bei ca. 230 kW in Grundlast und ca. 370 kW in Spitzenlast. Das betrachtete BHKW hat eine Leistung von 400 kW_{el} mit einer minimalen Teillast von 50 %. Die restliche Wärme wird über einen Gaskessel erzeugt und der restliche Strombedarf über das öffentliche Stromnetz bezogen. Das untersuchte DCES enthält zudem einen 557 kWh großen Wärmespeicher.

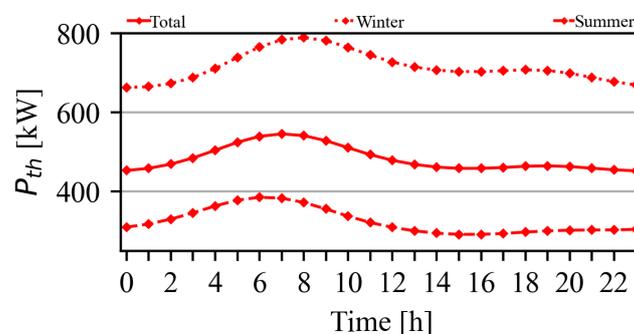


Abbildung 1: Durchschnittliche Wärmebedarfe des Krankenhauses.

¹ Jungautor, Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Deutschland, +49 208 8598-1702, sebastian.berg@umsicht.fraunhofer.de, www.umsicht.fraunhofer.de

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Betriebskosten des Festpreistarif-optimierten Betriebs liegen bei 289 T€ und es ergeben sich CO₂-Emissionen in Höhe von 1.482 t CO₂ pro Jahr, während der Flexpreistarif-optimierte Betrieb 6,5 % geringere Kosten und 1,6 % weniger CO₂-Emissionen aufweist. Auch der CO₂-Emissionsoptimierte Betrieb resultiert in etwas niedrigeren Betriebskosten, erreicht mit lediglich um 1,8 % geringeren Kosten gegenüber dem Festpreistarif-optimierten Betrieb jedoch nicht die wirtschaftlichen Einsparpotentiale des Flexpreistarif-optimierten Betriebs. Jedoch werden 6,5 % weniger CO₂-Emissionen verursacht. (siehe Tabelle 1)

Tabelle 1: Betriebskosten und CO₂-Emissionen eines DCES über ein Jahr für drei Optimierungsszenarien.

Optimierungsgröße	Kosten [T€]	Δ Kosten [T€]	Δ rel. Kosten [%]	CO ₂ -Emissionen [tco ₂]	Δ CO ₂ -Emissionen [tco ₂]	Δ rel. CO ₂ -Emissionen [%]
Festpreis-Tarif (Referenz)	288,95	-	-	1.482,15	-	-
Flexpreis-Tarif	270,29	18,66	6,46	1.459,10	23,05	1,56
CO ₂ -Emissionen	283,62	5,33	1,84	1.386,43	95,72	6,46

In dieser Fallstudie liegen die Zusatzkosten für die Einsparung zusätzlicher CO₂-Emissionen zwischen dem Flexpreistarif- und dem CO₂-Emissionsoptimierten Betrieb bei 183 €/tco₂. Dieser Preis liegt über dem Preis von 25 €/tco₂ des Deutschen Emissionshandels im Jahr 2022 [3].

Daraus kann abgeleitet werden, dass in dieser Fallstudie der börsenorientierte Flexpreistarif-optimierte Betrieb im Vergleich zu einem Fixpreistarif-optimierten Betrieb wirtschaftlicher ist und zugleich CO₂-Emissionen einspart. Die eingesparte Menge CO₂ eines CO₂-Emissionsoptimierten Betriebs wird zwar nicht erreicht, die anfallenden Kosten pro eingesparter Tonnen CO₂ liegen jedoch über dem aktuellen Preis für CO₂.

Literatur

- [1] FfE (2022): Entwicklung der Energie- und CO₂-Preise 2022, <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/entwicklung-der-energie-und-co2-preise-2022/>
Stand: 10.11.2022
- [2] Baumgärtner, N.; Delorme, R.; Hennen, M.; Bardow, A. (2019): Design of low-carbon utility systems: Exploiting time-dependent grid emissions for climate-friendly demand-side management. In: Applied Energy, 247 (RWTH-2019-04304), S. 755–765. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.04.029
- [3] Umwelt Bundesamt DEHSt Deutsche Emissionshandelsstelle (2023): Nationaler Emissionshandel https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/nEHS-verstehen/nehS-verstehen_node.html
Stand:30.01.2023