

# METHODEN ZUR FLEXIBILISIERUNG DES ENERGIEVERBUNDS INDUSTRIE-STADT - EINE TECHNISCHE, ÖKONOMISCHE UND ÖKOLOGISCHE ANALYSE

Katharina KARNER<sup>1\*</sup>, Russell McKenna<sup>2</sup>, Marian KLOBASA<sup>3</sup>

## Motivation und zentrale Fragestellung

Industrieunternehmen zeichnen sich in der Regel durch einen hohen Energieeinsatz aus. Damit einher geht die Entstehung von Abwärme, die im Unternehmen nicht genutzt werden kann. Abwärme steht in der Regel als industrielle Energieressource zur Verfügung und kann zur Wärmeversorgung benachbarter Städte genutzt werden. Die Abwärme kann größer oder kleiner als der Wärmebedarf der Stadt sein. Im ersten Fall kann die Stadt jederzeit mit Wärme versorgt werden. Im Gegensatz dazu kann die Stadt im zweiten Fall zu keinem Zeitpunkt vollständig mit Abwärme versorgt werden. Diese beiden Fälle stellen extreme Varianten dar; in Wirklichkeit wird es sich um eine Mischung aus beidem handeln: eine vorübergehende Über- oder Unterversorgung mit industrieller Abwärme. Dadurch stimmt der Bedarf nicht mit dem Angebot überein und das Abwärmepotenzial kann nicht voll ausgeschöpft werden. Dabei stellt sich die Frage:

*Wie kann der Energieverbund Industrie- Stadt flexibler gestaltet werden und das Potenzial an industrieller Abwärme besser ausgeschöpft werden?*

Auf Grund des saisonal variierenden Wärmebedarfs erfordert der Einsatz von industrieller Abwärme in Fernwärmennetzen weitere flexible Wärmequellen [1]. Hierzu bietet der Einsatz von Speichern [2], die Schaffung von Städteverbünden [3] und die Lastverschiebung in der Industrie die Möglichkeit zur Schaffung von Wärmeflexibilität. Ziel ist die Vorstellung und Bewertung dieser Flexibilitätsoptionen anhand eines Fallbeispiels. Die Bewertung der Flexibilitätsoptionen erfolgt anhand der Indikatoren: Deckungsgrad, CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparung und Kosten (Barwert).

## Methodik

Aufbauend auf dem Standardmodell von [4] werden Flexibilitätsoptionen in das Modell integriert. Die Flexibilitätsoptionen werden anhand eines Fallbeispiels mit Hilfe von Indikatoren bewertet und mit dem Referenzszenario verglichen. Im Referenzszenario wird die industrielle Abwärme ohne den Einsatz von Flexibilitätsoptionen zur Versorgung der Stadt verwendet.

Die Integration von Speichern ermöglicht die zeitliche Entkopplung von Bedarf und Angebot. Ist das Angebot an industrieller Abwärme größer als der städtische Wärmebedarf, wird der Speicher geladen. Steht weniger Angebot zur Verfügung als gebraucht wird, wird der Speicher entladen und die Stadt mit der zuvor eingespeicherten industriellen Abwärme versorgt.

Ein Städteverbund ist gekennzeichnet durch die Kopplung von zwei oder mehreren Städten. Dies geschieht über Fernwärmennetze. In Zeiten geringer Last von Stadt 1 kann die Wärme zur Versorgung an Stadt 2 geliefert werden. Eine Verbindung von zwei Städten ist nur dann sinnvoll, wenn in der Stadt 2 fossile Brennstoffe für die Wärmeversorgung genutzt werden. Erneuerbare Energiequellen oder die Nutzung von Abwärme sollen durch die Bildung eines Städteverbunds nicht verdrängt werden. In der

---

<sup>1</sup> Institut für Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement, FH JOANNEUM, Werk-VI-Str. 46, A-8605 Kapfenberg, +43 3862 33600 8364, katharina.karner@fh-joanneum.at, www.fh-joanneum.at/evu

<sup>2</sup> Institut für Industriebetriebslehre und industrielle Produktion (IIP), Karlsruher Institut für Technologie, Hertzstrasse 16, D-76187 Karlsruhe, +49 721 608 44582, russell.mckenna@kit.edu, https://www.iip.kit.edu/

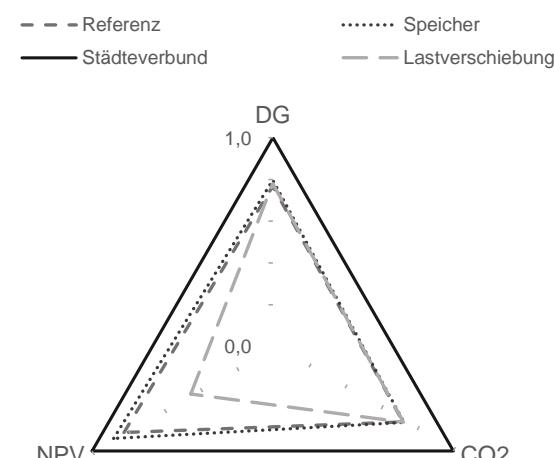
<sup>3</sup> Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Breslauer Straße 48, D-76139 Karlsruhe, +49 721 6809 287., Marian.Klobasa@isi.fraunhofer.de, http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/index.php

Praxis erfordert die Bildung von Städteverbunden geografische Nähe und das Vorhandensein entsprechender Infrastruktureinrichtungen. Ist die erforderliche Infrastruktur nicht vorhanden, muss sie aufgebaut werden. In den seltensten Fällen ist eine Verbindung zwischen den beiden Fernwärmennetzen vorhanden. Außerdem kann der Bau oder die Verdichtung des Fernwärmennetzes in Stadt 2 ebenfalls erforderlich sein.

Ziel der Lastverschiebung in der Industrie ist das bessere Übereinstimmen der Bedarfs- und Angebotskurven. Werden die industriellen Prozesse zeitlich verschoben wird somit auch das Angebot an industrieller Abwärme zeitlich verschoben. Die einzelnen Angebotskurven der Betriebe werden so verschoben, dass das Synergiepotenzial mit der Stadt maximiert wird. Dies führt zu einer zeitlichen Verschiebung der Last und der industriellen Abwärme, aber nicht zu einer Reduzierung des Produktionsoutputs.

## Ergebnisse und Schlussfolgerung

Die verbesserte Ausnutzung der industriellen Abwärme durch Flexibilitätsoptionen erhöht den Deckungsgrad mit industrieller Abwärme, die eingesparten CO<sub>2</sub> Emissionen und ersetzt einen Teil, des fossilen Brennstoffbedarfs der zur Wärmeversorgung verwendet wird. Dadurch sollen die Flexibilitätsoptionen grundsätzlich wirtschaftlich darstellbar sein.



**Abbildung 1:** Darstellung der Simulationsergebnisse für das Referenzszenario und den Einsatz der Flexibilitätsoptionen.

In Die verbesserte Ausnutzung der industriellen Abwärme durch Flexibilitätsoptionen erhöht den Deckungsgrad mit industrieller Abwärme, die

eingesparten CO<sub>2</sub> Emissionen und ersetzt einen Teil, des fossilen Brennstoffbedarfs der zur Wärmeversorgung verwendet wird. Dadurch sollen die Flexibilitätsoptionen grundsätzlich wirtschaftlich darstellbar sein.

**Abbildung 1** werden die Ergebnisse der Simulation dargestellt. Die Indikatoren wurden anhand des Maximalwerts auf 1 normiert, sodass 1 das Optimum darstellt. Der Städteverbund ist anhand den festgelegten Indikatoren die beste Möglichkeit zur Flexibilisierung des Energieverbunds und weißt auch höhere Werte auf, als das Referenzszenario. Die Wirtschaftlichkeit der Option hängt stark von der Distanz der beiden Städte untereinander ab. So sinkt der Barwert mit steigender Entfernung.

Als zweibeste Variante ist der Einsatz von Speichern zu nennen, gefolgt von der Lastverschiebung. Die Lastverschiebung zeigt im Vergleich zum Referenzszenario geringe Verbesserungen und ist aus ökonomischer, technischer und ökologischer Sicht schwer positiv darstellbar.

## Literatur

- [1] S. J. G. Cooper, G. P. Hammond, und J. B. Norman, „Potential for use of heat rejected from industry in district heating networks, Gb perspective“, *J. Energy Inst.*, Bd. 89, Nr. 1, S. 57–69, 2016.
- [2] Y. Ammar, S. Joyce, R. Norman, Y. Wang, und A. P. Roskilly, „Low grade thermal energy sources and uses from the process industry in the UK“, *Appl. Energy*, Bd. 89, Nr. 1, S. 3–20, 2012.
- [3] D. F. Dominkovic, I. Bacekovic, D. Sveinbjörnsson, A. S. Pedersen, und G. Krajacic, „On the way towards smart energy supply in cities: The impact of interconnecting geographically distributed

district heating grids on the energy system“, *Energy*, 2016.

- [4] K. Karner, M. Theissing, und T. Kienberger, „Energy efficiency for industries through synergies with urban areas“, *J. Clean. Prod.*, Bd. 119, S. 167–177, 2016.