



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Dominik Flum

**Eine Methode zur modellbasierten
Planung energieoptimierter Kälte- und
Wärmeversorgungssysteme
in Produktionsbetrieben**

**Schriftenreihe des PTW
„Innovation Fertigungstechnik“**

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

PTW
TU DARMSTADT

Schriftenreihe des PTW: "Innovation Fertigungstechnik"

Dominik Flum

**Eine Methode zur modellbasierten Planung
energieoptimierter Kälte- und Wärmeversorgungs-
systeme in Produktionsbetrieben**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

**Shaker Verlag
Düren 2021**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2020

Copyright Shaker Verlag 2021

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7790-2

ISSN 1864-2179

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung:

Die Industrie ist in Deutschland der größte Stromverbraucher und der zweitgrößte Energieverbraucher. Das macht die Energieoptimierung von Produktionsbetrieben zu einem der zentralen Bausteine der Energiewende. Dabei kommt den Kälte- und Wärmeversorgungssystemen eine besondere Bedeutung zu, denn ihr Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie beträgt 75 Prozent. In der Vergangenheit haben Entscheider bei der Energieoptimierung häufig lediglich die Steigerung der Energieeffizienz im Blick gehabt. Der Ausbau der erneuerbaren Energien macht jedoch die Stromproduktion zunehmend volatil. Daraus resultiert ein steigender Flexibilitätsbedarf im Energiesystem. Die Energieoptimierung in der Industrie sollte somit im Besonderen den Bereich der Kälte- und Wärmeversorgungssysteme fokussieren und neben der Energieeffizienz auch die Energieflexibilität berücksichtigen.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Recherchen zu Stand der Wissenschaft und Anwendung zeigen zum einen, dass gerade Kälte- und Wärmeversorgungssysteme einen erheblichen Anteil zur Energieflexibilisierung der Industrie beitragen können. Zum anderen wird deutlich, dass Forschungsarbeiten und Planungswerkzeuge bisher vorwiegend die Energieeffizienz adressieren. Auch der Planungsprozess von Kälte- und Wärmeversorgungssystemen in Produktionsbetrieben berücksichtigt bisher kaum die Energieflexibilität. Zudem machen die vielen Beteiligten, mangelnde Informationen und Transparenz sowie Wechselwirkungen zwischen wirtschaftlichen Zielen und technischen Möglichkeiten es schwierig, optimale Lösungen zu entwickeln.

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, eine Methode zu entwickeln, die Anlagenplaner befähigt, Versorgungstopologien zu entwickeln, Technologien zu vergleichen und auszuwählen sowie die Größe der Anlagen zu dimensionieren – und dabei Energieeffizienz- und Energieflexibilität zu steigern. Die Methode ist modular aufgebaut und besteht aus drei Lösungsbausteinen: Die Planungsschritte und deren Abfolge bildet ein Vorgehensmodell (Lösungsbaustein 1) ab, welches das Rahmenwerk darstellt. Da dieses branchenübergreifend und für verschiedene Planungsfälle anwendbar sein soll, ist dieser Baustein möglichst generisch gehalten. Da ein hohes Maß an Allgemeingültigkeit jedoch die Planungsunterstützung für konkrete Anwendungsfälle vermindern würde, ergänzt ein Technologiebaukasten (Lösungsbaustein 2) das Vorgehensmodell. Dieser bildet das Planungsobjekt aufwandsarm ab und unterstützt den Anlagenplaner mit Simulationsmodellen und standardisierten Energieflexibilitätsmaßnahmen. Konkretisiert und damit für Planungsvorhaben nutzbar wird dieser Baustein wiederum durch eine Datenbank (Lösungsbaustein 3). Sie beinhaltet Parameter für am Markt verfügbare Technologien, Preisfunktionen zur Abschätzung von Kaufpreisen und Daten zu energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Damit wird es möglich, die Elemente des Technologiebaukastens anzupassen und damit die Planungsmethode auf konkrete Fälle anzuwenden.

Die Güte der Methode wird anhand von Grundsätzen ordnungsgemäßer Modellierung sowie zwei industriellen Fallbeispielen evaluiert: die Umplanung der Prozesskälteversorgung eines Milchverarbeitenden Betriebs und die Umplanung der Wärmeversorgung eines Maschinenbauunternehmens. Beide Fälle verdeutlichen die Wechselwirkungen zwischen technischer Umsetzung, erzielbarer Wirtschaftlichkeit und Regulatorik, die mit einer ganzheitlichen Energieoptimierung einhergehen. Die Methode schafft dabei die notwendige Transparenz für eine rationale Entscheidungsfindung. Der Anspruch der Praktikabilität setzt voraus, dass die Methode auch ohne Simulationskenntnisse anwendbar ist. Dafür wird in der vorliegenden Arbeit ein Prototyp entwickelt, der die Funktionalitäten als intuitives Softwarewerkzeug verfügbar macht. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Interaktion mit weiteren Planungsbeteiligten und der Interoperabilität mit Werkzeugen der digitalen Fabrik. Der Prototyp trägt den Namen EASER – Energy Analysis Support for Engineers and Decision-Makers – und ist als integrierte Webanwendung ausgeführt.

Die vorliegende Arbeit macht letztlich Möglichkeiten bei der Energieoptimierung der Industrie sichtbar, indem sie Potenziale in der Planung von Kälte- und Wärmeversorgungssystemen aufzeigt. Durch die Entwicklung der modellbasierten Planungsmethode erlaubt sie es Entscheidern, diese im Alltag auszuschöpfen.

Titel der Arbeit:

Eine Methode zur modellbasierten Planung energieoptimierter Kälte- und Wärmeversorgungssysteme in Produktionsbetrieben

Verfasser:

Dominik Flum