

Schriftenreihe der Reiner Lemoine-Stiftung



Parantapa Sawant

# **A Contribution to Optimal Scheduling of Real-World Trigeneration Systems using Economic Model Predictive Control**

Schriftenreihe der Reiner Lemoine-Stiftung

**Parantapa Sawant**

**A Contribution to Optimal Scheduling of Real-World  
Trigeneration Systems using Economic Model  
Predictive Control**

Shaker Verlag  
Düren 2021

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

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

Copyright Shaker Verlag 2021

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8055-1

ISSN 2193-7575

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

Phone: 0049/2421/99011-0 • Telefax: 0049/2421/99011-9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • e-mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## A Contribution to Optimal Scheduling of Real-World Trigeneration Systems using Economic Model Predictive Control

Das Zusammenspiel zwischen Erzeugung und Lasten wird in der Zukunft noch komplexer, zum Beispiel, wenn der Strompreis unterschiedliche Faktoren wie den Netzzustand, die Marktmechanismen und die Richtlinienstrukturen abbildet. Eine integrierte und interdisziplinäre Entwicklung von Gebäudeenergiesystemen kann die Volatilität, die durch den steigenden Anteil variabler erneuerbarer Energien in regionalen Netzen entsteht, ausgleichen. Die Motivation dieser Arbeit besteht darin, die Teilnahme von flexiblen Gebäudeenergieanlagen, wie *Kraft-Wärme-Kopplungssysteme* (KWK) oder *Photovoltaik-Batterie-Wärmepumpesystem*, an diesem komplexen Zusammenspiel zu ermöglichen. Konventionelle Regelungsstrategien für Energieverbundsysteme (bei KWK-Systemen zum Beispiel wärme- oder stromgeführte Betriebsweise), die entweder nur die thermische oder nur die elektrische Last des Endverbrauchers berücksichtigen, sind in ihrer Konzeption so begrenzt, dass sie keinen koordinierten Betrieb mit dem Netz und anderen Prosumern ermöglichen.

Fortschrittliche Regelungssysteme unter Einsatz mathematischer Optimierungsverfahren wie zum Beispiel die „*Model Predictive Control*“ (MPC) sind die sinnvolle Alternative zur konventionellen Regelung bei Realisierung der Energiewende aus der Perspektive einer komplexen Gebäudeenergieanlage, denn die Regelstrecke ist charakterisiert durch:

- mehreren Komponenten und Speicherelementen,
- Unsicherheiten,
- zeitvarianter Systemdynamik und,
- mehrerer Ein- und Ausgangssignale.

Ein zentraler Beitrag dieser Arbeit ist die Demonstration einer optimalen Einsatzplanung einer realen Gebäudeenergieanlage mit „*Economic-MPC*“ durch die Kombination neuester Gebäudetechnologien, Simulationsmodellen und mathematischer Optimierungsalgorithmen. Die im Rahmen dieser Arbeit entworfene und installierte Modellanlage und Gebäudeautomation (GA) ermöglicht eine Analyse für die MPC-Implementierung in verschiedenen Anwendungsszenarien und den Vergleich mit konventioneller Regelung unter nahezu identischen Bedingungen.

In den durchgeführten Langzeittests wurde ein wirtschaftlicher und betrieblicher Vorteil der MPC gegenüber einem gut abgestimmten konventionellen Regler nachgewiesen. Es wurde eine deutliche Senkung der verbrauchsbezogenen Kosten für die Endenergien festgestellt und betriebliche Vorteile (quantifizierbar in Form geringer Verletzungen der Randbedingungen sowie geringere Schaltungen kritischer Komponenten) beobachtet. Die Vorteile sind dabei stark vom Lastprofil und den Initialisierungsparametern abhängig, liegen jedoch innerhalb des in der Literatur genannten Bereichs. Das Potenzial der fortgeschrittenen Regler für den Betrieb komplexer Energiesysteme in einem koordinierten Netzwerk und die Unterstützung des Energienetzes der Zukunft kommt in der Literatur zum Ausdruck. Diese Arbeit hat ihre Durchführbarkeit und ihren Nutzen in einem praktischen Umfeld eindeutig bewiesen. Die Modellanlage mit industriellen Standardkomponenten und -protokollen unterstützt den Einsatz von MPC sowohl in Nachrüstungs- als auch in Grünfeld-Szenarien. Dabei zeigte sich, dass MPC insbesondere den netzdienlichen Betrieb von Sektorübergreifende Energieverbundsystemen deutlich verbessert.