

## Analysis of the Complexity of Energy System Models

### Implementation of a Modular Energy System Model and Comparison of Computing Time and Accuracy of Different Model Variants (Master Thesis)

Autor: Jan Priesmann  
Erstprüfer: Prof. Dr. Aaron Praktiknjo  
Betreuung: Lars Nolting, M. Sc.

#### Kurzfassung

Die Analyse von Energiesystemen mit Rechenmodellen ist eine weit verbreitete Methode, um den Betrieb von Anlagen zu planen, Investitionsentscheidungen zu treffen und die Auswirkungen von politischen Maßnahmen zu bewerten. Derzeit ist die Standardisierung des Modellierungsprozesses gering, die Möglichkeiten der Modellierung nehmen durch den technischen Fortschritt ständig zu, und es besteht eine geringe Bereitschaft zur gemeinsamen Entwicklung oder gar öffentlichen Bereitstellung von Modellen. Dies führt zu einer hohen Anzahl verfügbarer Modelle, hohen Kosten in Bezug auf Entwicklung und Laufzeit der Modelle und gleichzeitig zu einer unklaren Einschätzung der Eignung von Modellen für bestimmte Problemstellungen und ihrer Ergebnisgenauigkeit. Diese Arbeit adressiert den Mangel an Informationen über Eignung, Komplexität und Genauigkeit durch die systematische Untersuchung und den Vergleich verschiedener Modellimplementierungen am Beispiel von Energiesystemoptimierungsmodellen (ESOMs) für ökonomische Dispatch- und Investitionsentscheidungen. Es wird ein modulares und skalierbares Energiesystem-Optimierungsmodell (MaSESOM) entwickelt, das eine effiziente Generierung einer großen Anzahl von Modellen ermöglicht. Es werden mehrere repräsentative gemischt-ganzzahlige lineare Programmiermodelle (MILP) formuliert, die in ihrer Komplexität und Genauigkeit für die beiden oben genannten Entscheidungsprobleme verglichen werden. Die Ergebnisse, die als ein erster Überblick über die Möglichkeiten des entwickelten Ansatzes zu sehen sind, zeigen interessante Einblicke in die Auswirkungen unterschiedlicher Implementierungen für Komponenten von Energiesystemen. So lassen sich für die beiden betrachteten Entscheidungsprobleme unterschiedliche COP-Implementierungen empfehlen, das Transversal-Grid-Modell erweist sich als ähnlich leistungsfähig wie der Kupferplatten-Ansatz und die zeitliche Auflösung beeinflusst die Genauigkeit deutlich stärker als die räumliche Auflösung für die in dieser Arbeit getesteten Indikatoren. Die entwickelte Methodik erweist sich als vielversprechend, um Modellentwicklern eine praktische Hilfestellung zu geben, und kann durch die Erprobung weiterer Modelle unter Einbeziehung einer größeren Eingangsdatenbasis und der Hinzunahme weiterer Komponenten und Sektoren von Energiesystemen erweitert werden.

#### Abstract

The analysis of energy systems with computational models is a widely applied method for planning plant operation, making investment decisions and assessing the impact of policy measures. Currently, the standardization of the modeling process is low, there are ever-increasing possibilities of modeling through technical progress, and a low willingness of joint

development or even public provision of models exists. This results in a high number of available models, high costs in terms of development and running time of the models and at the same time an unclear assessment of the suitability of models for certain problems and their result accuracy. This thesis addresses the lack of information on suitability, complexity, and accuracy by systematically studying and comparing different model implementations using the example of energy system optimization models (ESOMs) for economic dispatch and investment decisions. A modular and scalable energy system optimization model (MaSESOM) is developed that allows an efficient generation of a large range of models. Several representative mixed integer linear programming (MILP) models are formulated that are compared in their complexity and accuracy for the two aforementioned decision problems. The results, which should be regarded as a first overview of the possibilities of the approach developed, show interesting insights into the impact of different implementations for components of energy systems. For instance, different COP implementations can be recommended for the two decision problems observed, the trans-shipment grid model shows to perform similarly well as the copper plate approach and the temporal resolution influences the accuracy much more than the spatial resolution for the indicators tested in this thesis. The methodology developed shows to be promising in providing practical guidance for model developers and can be extended by testing further models, including a larger input data basis and adding further components and sectors of energy systems.