

Komplexität in Energiesystemmodellen

Zusammenhang zwischen Modelleigenschaften und Detailgrad (Master Thesis)

Autor: Elias Ridha
Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Aaron Praktiknjo
Betreuung: Lars Nolting, M. Sc.

Kurzfassung

Das Energiesystem befindet sich in einem vielschichtigen Wandel. Ein großer Teil der Elektrizität aus erneuerbaren Energien entstammt Wind- und Photovoltaik-Anlagen, deren Erzeugung schwankt (Ringkjøb u. a. 2018). Gleichzeitig erschließen Demand Side Management, Smart Grids und dezentrale Erzeugung Flexibilitätpotentiale. Hinzu kommt die Elektrifizierung traditionell nichtelektrischer Lebensbereiche und der damit benötigten Infrastruktur, wie Ladesäulen für Elektrofahrzeuge (World Economic Forum 2017). Diese Entwicklungen erhöhen die Komplexität des Energiesystems.

Bei der Erstellung eines Energiesystemmodells stellt sich die Frage, wie diese Komplexität im Modell abgebildet werden soll. Es existiert eine Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen. Ein Modell zur kurzfristigen Einsatzplanung von Kraftwerken soll andere Fragestellungen beantworten als eines zur langfristigen Abschätzung der zukünftigen Erzeugungsstruktur. Es ist zu erwarten, dass daraus auch unterschiedliche Modellkomplexitäten folgen. Die vorliegende Arbeit dient dazu, diese Unterschiede zu untersuchen und die folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der inhaltlichen Ausrichtung eines Energiesystemmodells und seiner Komplexität?

Aus dieser leiten sich die folgenden Teilforschungsfragen ab:

1. Wie ist Komplexität definiert?
2. Was bedeutet „Komplexität“ im Kontext der Energiesystemmodellierung?
3. In welche Gruppen können Energiesystemmodelle nach ihrer inhaltlichen Ausrichtung eingeteilt werden?
4. Welche Unterschiede in der Komplexität gibt es zwischen diesen Gruppen?

Kapitel 2 dient der Beantwortung der ersten beiden Teilfragen. Dort wird definiert, was unter Energiesystemmodellierung und Komplexität zu verstehen ist (Teilfrage 1). Anschließend wird aufgezeigt, dass die Komplexität eines Energiesystemmodells als der Detailgrad, mit dem es die Realität abbildet, verstanden werden kann (Teilfrage 2). Die Beantwortung der dritten und vierten Teilfrage erfolgt in Kapitel 3 durch eine Auswertung bestehender Modelle. Eine Reihe von Kerneigenschaften wird untersucht, um die Modelle nach ihrer inhaltlichen Ausrichtung zu clustern (Teilfrage 3). Anschließend werden die Komplexitätseigenschaften der Cluster untersucht (Teilfrage 4). Die Cluster werden zudem mittels algorithmischer Clustering-Ansätze verifiziert und die Ergebnisse der Analysen werden diskutiert. Kapitel 4 fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und beantwortet die übergeordnete Forschungsfrage.

Abstract

The energy system is undergoing a multi-layered transformation. A large part of the electricity from renewable energies comes from wind and photovoltaic plants, whose generation fluctuates (Ringkjøb et al. 2018). At the same time, demand side management, smart grids, and distributed generation are unlocking flexibility potential. In addition, there is the electrification of traditionally non-electric areas of life and the associated infrastructure required, such as charging stations for electric vehicles (World Economic Forum 2017). These developments increase the complexity of the energy system.

When creating an energy system model, the question arises as to how this complexity should be represented in the model. A variety of models with different content orientations exist. A model for the short-term deployment planning of power plants should answer different questions than one for the long-term estimation of the future generation structure. It is to be expected that this results in different model complexities. The purpose of this paper is to investigate these differences and to answer the following research question:

What is the relationship between the content of an energy system model and its complexity?

The following sub-research questions are derived from this question:

1. How is complexity defined?
2. What does "complexity" mean in the context of energy system modeling?
3. Into which groups can energy system models be divided according to their content?
4. What are the differences in complexity between these groups?

Chapter 2 serves to answer the first two sub-questions. There, it is defined what is meant by energy system modeling and complexity (sub-question 1). It then shows that the complexity of an energy system model can be understood as the level of detail with which it represents reality (sub-question 2). The third and fourth sub-questions are answered in Chapter 3 through an evaluation of existing models. A set of core properties is examined to cluster the models according to their content orientation (sub-question 3). Subsequently, the complexity properties of the clusters are investigated (sub-question 4). The clusters are also verified using algorithmic clustering approaches and the results of the analyses are discussed. Chapter 4 summarizes the findings and answers the overall research question.