



Hochschule für angewandte Wissenschaften München
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

TIMELESS

Entwicklung und Test eines Simulationsmodells zur Analyse und Optimierung elektrischer Energiesysteme.

Development and test of a simulation tool for the analysis and optimization of electrical energy systems.

Masterarbeit
Master of Applied Research in Engineering Sciences

Von Carolin Vogel

Betreut von Prof. Dr.-Ing. Simon Schramm

Eingereicht am 31.08.2020

Kurzfassung

Die Masterarbeit ist im Rahmen des studentischen Forschungsprojektes *TIMELESS* an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Hochschule für angewandte Wissenschaften München entstanden. Das Projekt *TIMELESS* befasste sich mit der modellbasierten Analyse und Optimierung individueller elektrischer Energiesysteme, wobei die Arbeit zum Großteil aus der Analyse verschiedener Referenzsysteme bestand. Neben einem Gebäudekomplex der Hochschule München wurden beispielsweise auch ein Privathaushalt und ein Industriebetrieb untersucht [1]. Ziel war es, einen übertragbaren Prozess zu entwickeln, der es ermöglicht, verschiedenste Energiesysteme zu analysieren und hinsichtlich individueller Fragestellungen beziehungsweise Zielsetzungen zu optimieren [2]. Einen wichtigen Teil des Prozesses bildet die Modellierung des jeweils betrachteten Systems. Neben der Nachbildung des elektrischen Netzes ist dabei vor allem die Simulation verschiedener Ausbauszenarien von Bedeutung.

Die allgemeine Struktur des im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten MATLAB-basierten Modells ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Modell ermöglicht die Simulation beliebig vieler Ausbauvarianten. Jede Variante repräsentiert dabei eine konkrete Auslegung des betrachteten Systems und wird durch die Anzahl der installierten Komponenten definiert. Als Komponenten werden verschiedene elektrische Erzeuger (z. B. PV- und Windkraftanlagen), Verbraucher (z. B. Wärmepumpen) und Flexibilitäten (z. B. Batteriespeicher) berücksichtigt, die durch Dimensionierung verschiedener Simulationsparameter individuell an das betrachtete System angepasst werden können. Den eigentlichen Rechenkern des Modells bildet die Zeitschrittsimulation zur Erstellung der jährlichen Wirkleistungsverläufe aller Komponenten (z. B. stündlich). Dabei können hinterlegte Standardprofile oder eigene, gemessene Profile verwendet werden. Die simulierten Leistungsverläufe dienen als Grundlage zur Berechnung und Auswertung technologischer, wirtschaftlicher und ökologischer Kennzahlen. Beispielsweise können die resultierende maximale Residuallast, der lokale Autarkiegrad oder die CO₂-Emissionen einer Variante berechnet und ausgewertet werden.

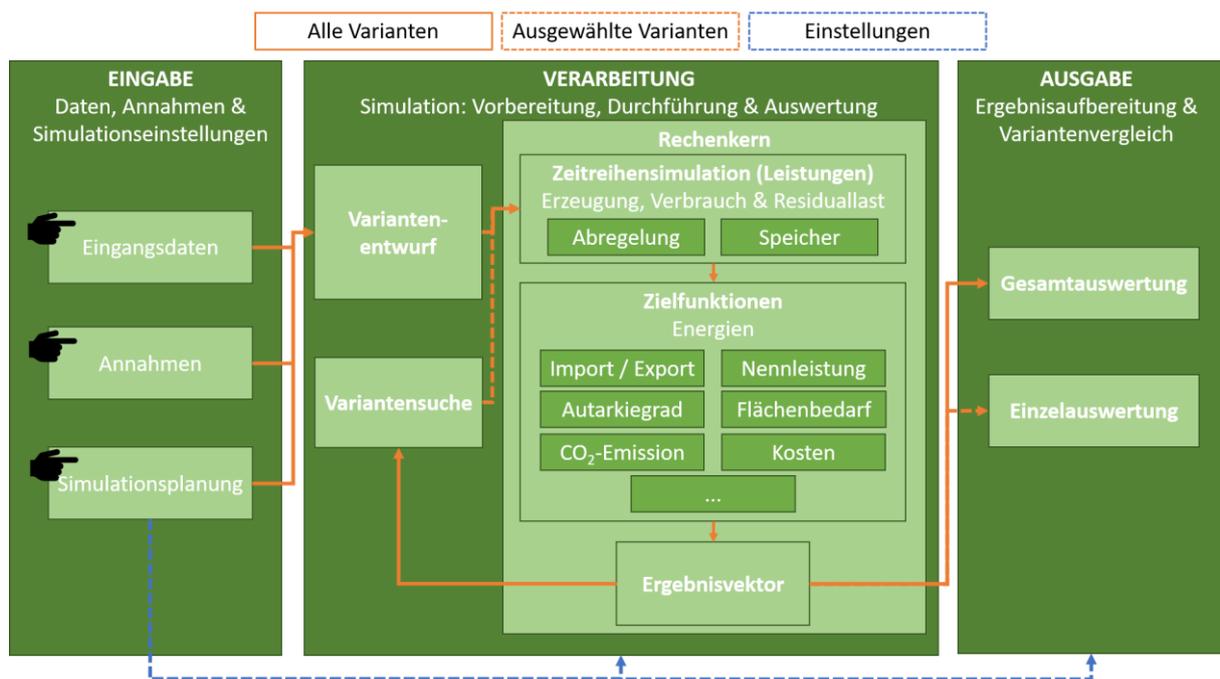


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Modellstruktur.

Die Simulationsergebnisse allein stellen meist noch keine konkrete Handlungsempfehlung dar, da die optimale Auslegung eines jeden Energiesystems stark von den Prioritäten des jeweiligen Systembetreibers abhängt. Sie können den Entscheidungsprozess jedoch bedeutend unterstützen. Ziel der Ergebnisaufbereitung ist es daher, die Auswirkungen aller Simulationsvarianten auf die verschiedenen Zielfunktionen anschaulich darzustellen und somit einen repräsentativen Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen. Die Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse wird dabei in drei Kategorien unterteilt: Voranalyse, Gesamtauswertung und Einzelauswertung. Die Voranalyse beschränkt sich auf den IST-Zustand des Systems und findet vor der eigentlichen Simulation statt. Ihre Ergebnisse können mit realen Daten verglichen und dadurch zum einen zur Validierung des Modells verwendet werden und zum anderen bei der Einstellung beziehungsweise Auswahl geeigneter Simulationsparameter helfen. Die Gesamtauswertung gibt wiederum einen Überblick über alle Simulationsergebnisse und ermöglicht einen ersten groben Vergleich aller Varianten. Dabei können zum Beispiel die Auswirkungen der Simulation auf zwei beliebige Zielfunktionen gegenübergestellt und besonders zielführende oder kritische Varianten verglichen werden. Die Einzelauswertung befasst sich anschließend detailliert mit der Analyse ausgewählter Varianten. Beispielsweise können die zeitlichen Leistungsverläufe einzelner Komponenten, deren Flächenbedarf und anfallende Kosten aufgeschlüsselt und genauer betrachtet werden.

Der aktuelle Stand des Modells stellt eine erste lauffähige Version dar, die bereits viele interessante Ergebnisse liefert. Die Analyse eines weiteren Referenzsystems hat gezeigt, dass sich der Stromsektor bereits gut abbilden lässt, wobei das Modell und die hinterlegten Standardwerte ein breites Anwendungsspektrum abdecken und dadurch vielseitig einsetzbar sind. Da jedoch die Beantwortung vieler Fragen stark von den individuellen Gegebenheiten eines Energiesystems abhängt (z. B. standortabhängige Einstrahlung oder Windstärke), kann die Genauigkeit der Simulation durch die Verwendung individueller Eingangsdaten erhöht werden. Der modulare Aufbau des entwickelten Modells ermöglicht sowohl die Anpassung vorhandener Modellbestandteile als auch die Erweiterung des Modells um weitere Funktionen. Beides ist wichtig, um die Verwendung des Modells für unterschiedliche Systeme zu ermöglichen und damit die Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen und Zielsetzungen zu gewährleisten. Das vorhandene Modell soll zukünftig, unter anderem im Rahmen von studentischen Arbeiten, weiterentwickelt und ausgebaut werden. Zum Beispiel sind sowohl die Integration zusätzlicher Sektoren (Wärme und Verkehr) und Zielfunktionen als auch die Analyse weiterer Energiesysteme geplant.

Veröffentlichungen

[1] Carolin Vogel, Marcel Eggemann, Veronika Barta, Stephanie Uhrig und Simon Schramm: *Identifizierung von Optimierungspotentialen in elektrischen Energiesystemen anhand von Last- und Erzeugungsprofilen*. In: *EnInnov 2020 16. Symposium Energieinnovation*. Graz, Februar 2020

[2] Veronika Barta, Carolin Vogel, Marcel Eggemann, Stephanie Uhrig und Simon Schramm: *Prozess zur modellbasierten Analyse und Optimierung elektrischer Energiesysteme*. In: *EnInnov 2020 16. Symposium Energieinnovation*. Graz, Februar 2020