

VPPLIB – EIN WERKZEUG FÜR DIE SIMULATION VIRTUELLER KRAFTWERKE AUF VERTEILNETZEBENE

Sascha BIRK^{*1,2}, Patrick LEHNEN², Lars PETERSEN², Gabriela WISE², Thorsten SCHNEIDERS^{1,2}

Inhalt

Für die künftigen Verteilnetze wird ein signifikanter Anstieg an dezentralen Energieanlagen wie Wärmepumpen, batterie-elektrischen Fahrzeugen und Photovoltaikanlagen erwartet. Diese bergen Herausforderungen für die Netze, da die installierte Leistung an den entsprechenden Anschlusspunkten stark ansteigt. Dieser Leistungsanstieg lässt sich durch elektrische und thermische Energiespeicher sowie geeignete Betriebsstrategien flexibilisieren. Diese Flexibilitäten wiederum lassen sich technisch, wie auch wirtschaftlich nutzen, um das lokale Energiesystem effizienter zu betreiben und die Energieanlagen in Netze und Märkte zu integrieren. Ein mögliches Geschäftsmodell stellen virtuelle Kraftwerke dar, die bereits seit gut zehn Jahren auf Übertragungsebene am Energiesystem teilnehmen. Im Verteilnetz und insbesondere als Aggregator von Energieanlagen kleiner Leistung, haben sie sich bisher allerdings nicht etablieren können.

Für die Evaluierung der technischen und wirtschaftlichen Potentiale ist es nötig, das Verhalten der Energieanlagen auf Haushaltsebene sowie deren jeweiliger Einfluss auf die Verteilnetze zu analysieren. Neben den individuellen Einflüssen sind auch Implikationen von Anlagenkombinationen und aggregierten Anlagenparks zu untersuchen.

Um diese Untersuchungen durchführen zu können, wurde eine open source Modellbibliothek namens „VPPLib“ in der Programmiersprache Python entwickelt. Das vorliegende Paper beschreibt die Modellstruktur und Anwendungsbereiche der Bibliothek.

Methodik

Für die Erstellung der Modellbibliothek werden bereits verfügbare open source Modelle in Python untersucht. Diesbezüglich werden die „PVlib“ [1] für die Simulation von Photovoltaik-Systemen, die „windpowerlib“ [2] zur Simulation von Windenergieanlagen und „pandapower“ [3] für die Analyse der Verteilnetze näher betrachtet. Für Elektrofahrzeuge, Blockheizkraftwerke und Wärmepumpen sowie elektrische und thermische Energiespeicher werden eigenständig Modelle entwickelt. Dabei wird auf ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen realitätsnaher Umsetzung und guter Skalierbarkeit gesetzt, um entsprechend große Anlagenparks simulieren und später auch optimieren zu können. Da pandapower in der open source Version keine Zeitreihensimulation erlaubt, wird die VPPLib mit entsprechenden Funktionalitäten zur Durchführung und Auswertung von Zeitreihen ausgestattet.

Ergebnisse

Die Grundstruktur der VPPLib ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Klasse „Environment“ beinhaltet für das jeweilig zu untersuchende Szenario alle Informationen hinsichtlich der lokalen Wetterdaten und der Zeit. Die Klasse „UserProfile“ umfasst alle Informationen, die spezifisch für einzelne Akteure innerhalb des Netzes sind. Dies umfasst unter anderem deren Wärmebedarf, das Nutzungsverhalten von Elektrofahrzeugen sowie deren Position im Netzgebiet. Ein UserProfile kann dabei ein Gebäude oder eine Wohneinheit abbilden. Instanzen von Environment und UserProfile werden an eine oder mehrere der „Component“ Klassen übergeben. Diese bilden beispielsweise Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen oder Elektrofahrzeuge ab, die jeweils als eine abgeleitete Klasse von Component implementiert sind. Instanzen dieser Technologieklassen werden an die Klasse „VirtualPowerPlant“ übergeben. Diese agiert als Aggregator der Technologien, die im jeweiligen Einsatzbereich vorkommen. Zudem werden einem pandapower network Objekt die jeweiligen Namen der Komponenten übergeben, um eine

¹ Virtuelles Institut Smart Energy (VISE) – Regionale Virtuelle Kraftwerke, www.smart-energy.nrw

² Technische Hochschule Köln, Cologne Institute for Renewable Energy (CIRE), D-50679 Köln, +49 221 82752193, sascha.birk@th-koeln.de, www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/cologne-institute-for-renewable-energy_13385.php

Verknüpfung zu Erzeugern, Speichern und Lasten in pandapower herzustellen. Über diese Referenz können im weiteren Verlauf Betriebsanweisungen und Statusinformationen zwischen dem virtuellen Kraftwerk und dem Netzmodell ausgetauscht werden. Sowohl die Instanz der VirtualPowerPlant als auch die Instanz des pandapower network werden an die Klasse „Operator“ übergeben. In dieser werden Funktionen und Betriebsstrategien für die Steuerung des virtuellen Kraftwerks implementiert und Rückmeldungen aus Verteilnetz und Kraftwerk verarbeitet.

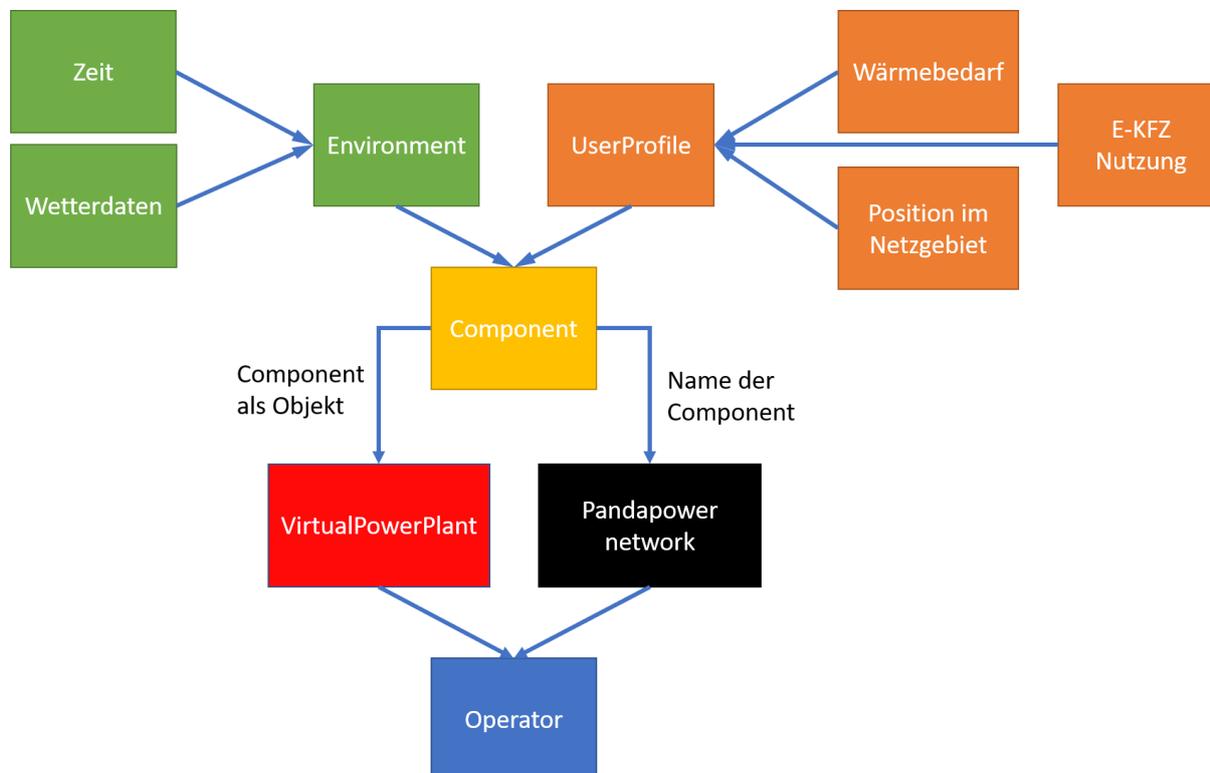


Abbildung 1: Grundstruktur der VPPLib

Diese Struktur erlaubt über die UserProfiles eine detaillierte Darstellung der Nutzerpräferenzen in den Haushalten und die dadurch entstehenden Einflüsse auf den Betrieb. Auf der anderen Seite können im Operator wahlweise Betriebsstrategien umgesetzt werden, die das Netz berücksichtigen oder alleine das virtuelle Kraftwerk betreffen. Hierdurch lassen sich entsprechend unterschiedlich granulare Szenarien und Geschäftsmodelle abbilden.

Ausblick

Im weiteren Verlauf werden die technischen Modelle verfeinert und Betriebsstrategien für unterschiedliche Aggregationskonzepte der Anlagen untersucht. Dies geschieht weiterhin vor dem Hintergrund, ein breit einsetzbares Werkzeug zur Verfügung zu stellen, mit dem sich auch größere Anlagenparks untersuchen lassen.

Referenzen

- [1] William F. Holmgren, Clifford W. Hansen, and Mark A. Mikofski. "pvlib python: a python package for modeling solar energy systems." *Journal of Open Source Software*, 3(29), 884, (2018). <https://doi.org/10.21105/joss.00884>
- [2] Sabine Haas, Birgit Schachler, Uwe Krien, & Stephen Bosch. (2019, September 9). wind-python/windpowerlib: Revision release (Version v0.2.0). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3403360>
- [3] L. Thurner, A. Scheidler, F. Schäfer et al, pandapower - an Open Source Python Tool for Convenient Modeling, Analysis and Optimization of Electric Power Systems, in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 33, no. 6, pp. 6510-6521, Nov. 2018.