

# Systemdienstleistungen mit Photovoltaikanlagen

Studiengang: Master of Science in Engineering  
Vertiefung: Energy and Environment  
Betreuer: Prof. Dr. Christof Bucher

Mit dem wachsenden Anteil dezentraler Photovoltaikanlagen an der Stromversorgung stellt sich zunehmend die Frage, wie solche Anlagen zur Netzstabilität beitragen können. Diese Arbeit untersucht das Potenzial von PV-Wechselrichtern zur Erbringung von Systemdienstleistungen, insbesondere im Hinblick auf aktuelle Anforderungen von Swissgrid.

## Intro

Die zunehmende Einspeisung erneuerbarer Energien führt zu einem Rückgang der rotierenden Massen im Stromnetz, was die Netzstabilität negativ beeinflusst. Insbesondere konventionelle Kraftwerke, die bisher durch ihre Trägheit Frequenzschwankungen abfangen konnten, werden zunehmend durch Anlagen mit Leistungselektronik ersetzt. Vor diesem Hintergrund untersucht diese Arbeit die Fähigkeit von Photovoltaik-Wechselrichtern, Systemdienstleistungen zu übernehmen.

## Ziel

Ziel ist es, zu analysieren, ob und in welchem Umfang typische Wechselrichter aus dem Einfamilienhausbereich (6–10 kW) Primär-, Sekundär- und Tertiärregelleistung erbringen können. Dabei werden die technischen Anforderungen von Swissgrid berücksichtigt.

## Konzept

Die Untersuchung gliedert sich in zwei Teile: Im ersten Teil wird die Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung analysiert. Dazu werden verschiedene Wechselrichter so konfiguriert, dass sie einer definierten Leistungs-Frequenz-Kennlinie



Primärregelleistung eines Wechselrichters: P(f)-Regelung, mit Totband zwischen 49,99 und 50,01 Hz.

nie(P(f)) folgen. Anhand von Labormessungen werden Reaktionszeit, Genauigkeit, Stabilität und typische Artefakte ausgewertet.

Im zweiten Teil wird ein Home Energy Management System (HEMS) mithilfe einer API und Python-Programmierung integriert, um die Wechselrichter in Echtzeit zu steuern. Auch hier werden Reaktionszeit, Genauigkeit, Stabilität ausgewertet.

## Resultate

Die Ergebnisse zeigen, dass PV-Wechselrichter technisch in der Lage sind, Systemdienstleistungen zu erbringen. Im Bereich der Primärregelleistung reagieren die Geräte schnell und stabil, zeigen jedoch auch charakteristische Abweichungen und Artefakte. Für die Sekundär- und Tertiärregelung ist die Reaktionszeit deutlich länger jedoch ausreichend für die Anforderungen.

## Schlussfolgerung

Eine direkte Integration von allein stehenden PV-Anlagen in bestehende Systemdienstleistungsprodukte von Swissgrid ist derzeit nicht möglich, da Anforderungen wie Symmetrie, Lieferperiode und Mindestliefermengen nicht vollständig erfüllt werden. Neue Systemdienstleistungsprodukte, die gezielt auf die technischen Möglichkeiten der Photovoltaik abgestimmt sind, könnten einen bedeutenden Beitrag zur Stabilität des Stromnetzes leisten.



Tertiärregelenergie gemäss PV4Balancing-Anforderungen von Swissgrid: 10 Minuten Rampen, Abregelung auf 30 %.



Emmanuel Amstutz