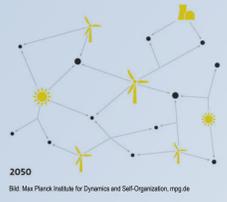


Forschungsfrage und Kontext



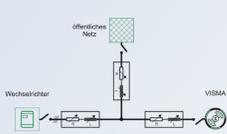
- ▶ Dezentrale Erzeugung ist Teil der Energiewende
 - ▶ Steigender Anteil von Wind- und Solarenergie
 - ▶ Erhöhte Einspeisung in die Verteilnetze
 - ▶ Reduzierung der stabilisierenden Wirkung konventioneller Kraftwerke, z. B. bzgl. Netzfrequenz



- ▶ Variable Photovoltaik- (PV) und Windenergiequellen
 - ▶ Wetterabhängige, nicht planbare Leistungsabgabe
 - ▶ Starke Schwankungen der Einspeiseleistung auf großen und kleinen raum-zeitlichen Skalen
 - ▶ Kurzfristige Variabilität besonders relevant für aktive dezentrale Verteilnetze (Microgrids)



- ▶ Extremfall: PV bei durchbrochener Bewölkung
 - ▶ Ständiger Wechsel von Licht und Schatten
 - ▶ Entsprechend starke Kurzzeitfluktuationen, vor allem bei typischen Hausdach-PV-Anlagen



- ▶ Zentrale Themen des Posters
 - ▶ Stochastische Modellierung von PV Leistung im ungünstigen Fall stark durchbrochener Bewölkung
 - ▶ Untersuchung des Einflusses der entsprechenden Fluktuationen auf das Verhalten der Microgrid-Demonstrationsanlage der Projektpartner (AP5.3)

Methodik

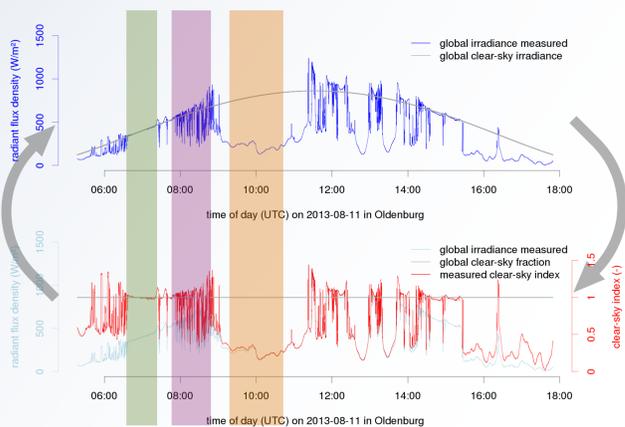
- ▶ Trendbereinigung gemessener Globalstrahlung G durch theoretische Einstrahlung ohne Wolken G_{clear}
 - ▶ Clearsky Index $k^* = \frac{G}{G_{clear}}$ (dimensionslos)
- ▶ Anpassung eines stochastischen Modells an k^*
 - ▶ Drift-Diffusion-Jump Modell

$$dx_t = \mu(x_t, t)dt + \sigma(x_t, t)dw_s + \zeta du_t$$
 - ▶ Bestimmung der Modellparameter für unterschiedliche Bewölkungstypen (keine, vollständige oder durchbrochene Bewölkung)
- ▶ Simulation der Leistungsabgabe einer PV-Anlage in einem Micro-Grid
 1. Stochastische Modellierung beliebig langer k^* Zeitserien mit den Charakteristika bestimmter (hier: durchbrochener) Bewölkungstypen
 2. Rekonstruktion natürlicher Verläufe (z. B. Tagesgänge) der Globalstrahlung G mittels standortspezifischer Clearsky-Strahlung G_{clear}
 3. Modellierung der Einflüsse von Neigung und Ausrichtung auf die direkte und diffuse Strahlung in der Modulebene der PV-Anlage
 4. Simulation der Energieumwandlung einer typischen Hausdach-Anlage
- ▶ Laborversuch: Vergleich der Fluktuationen in der Leistungsabgabe der simulierten PV-Anlage mit den Schwankungen am Netzverknüpfungspunkt (PCC) der Demonstrationsanlage der Projektpartner (AP5.3)

Ergebnisse

Globalstrahlung und Clearsky Index

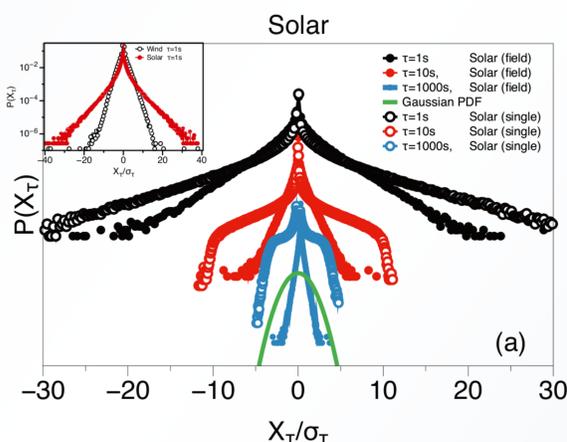
- ▶ Trendbereinigung: Globalstrahlung G und wolkenlose Einstrahlung G_{clear}
 - ▶ Clearsky Index $k^* = \frac{G}{G_{clear}}$ (dimensionslos)



- ▶ Beispieltag mit unterschiedlichen Wolken
 - ▶ Klar (7 Uhr)
 - ▶ Durchbrochen (8 Uhr)
 - ▶ Bedeckt (10 Uhr)
- ▶ Differenzierung der Bewölkungstypen
 - ▶ Mittelwert k^*
 - ▶ Streuung k^*

Inkrementstatistik der Einstrahlung

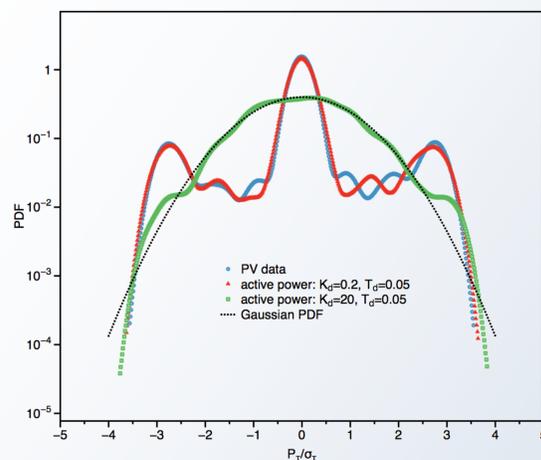
- ▶ Inkrementzeitreihen: Schwankungen innerhalb eines Zeitintervalls τ
 - ▶ $X_\tau(t) = G(t + \tau) - G(t)$
 - ▶ Normierung auf Standardabweichung σ_τ



- ▶ Starke Fluktuationen im Vergleich zu Gaußverteilung
- ▶ Je kleiner die Zeitskala, desto größer die relative Schwankung der Strahlung
- ▶ Räumliche Mittelung (1 km²) reduziert die Fluktuationen, insb. für größere Zeitskalen
- ▶ Punktuelle Einstrahlung fluktuiert stärker als punktuelle Windleistung

Fluktuationsdämpfung im Microgrid

- ▶ Schwankungen simulierter PV Leistung bei durchbrochener Bewölkung und Fluktuationen am PCC der Microgrid Demonstrationsanlage (AP5.3)
 - ▶ Für verschiedene Einstellungen der virtuellen Synchronmaschine VISMA



- ▶ Unterschiedliche Dämpfung je nach VISMA Einstellung
 - ▶ von nahezu wirkungslos
 - ▶ bis fast normalverteilt
- ▶ Bei geeigneter Regelung kann ein kleines aktives Verteilnetz PV-Leistungssprünge also gut glätten

Ausblick

- ▶ Optimierung der VISMA Parameter zur Dämpfung von PV Fluktuationen im Microgrid bei weiteren Bewölkungstypen (Kooperation mit AP5.3)
- ▶ Erweiterung der stochastischen PV-Modellierung auf mehrere dezentrale Erzeugungsanlagen
- ▶ Publikationen
 - ▶ Tabar et al.: „Kolmogorov spectrum of renewable wind and solar power fluctuations“, Eur. Phys. J. Spec. Top., Bd. 223, Nr. 9, 2014
 - ▶ Lohmann et al.: „Flickering Events in Wind and Solar Power“, in Proceedings of the 28th EnviroInfo, 10. – 12.09.2014, Oldenburg
 - ▶ Tabar et al.: „Renewable Power from Wind and Solar: Suppressing The Short-Term Intermittency and Their Resilience“, submitted