

# EU Verbundvorhaben POSYTYF – Powering System Flexibility in the Future through Renewable Energy Systems

Prof. Dr. Horst Schulte

Campus-Workshop: Energieforschung, Klimaschutzexzellenz,  
CO2-Neutralität - innovative Beispiele aus Berliner Hochschulen,  
03. Dezember 2020, 15.30-17.30 Uhr

University of Applied Sciences Berlin (HTW), Faculty 1: School of Engineering  
Control Eng. Group, 12459 Berlin, Germany, [schulte@htw-berlin.de](mailto:schulte@htw-berlin.de)

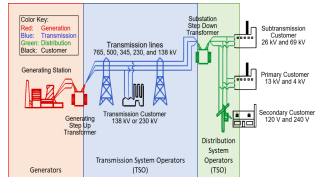
# Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Challenges
- 3 EU Verbundvorhaben POSYTYF
- 4 Teilprojekt HTW Berlin POSYTYF
- 5 Zusammenfassung

# Einführung

## Transformation der Netzstruktur

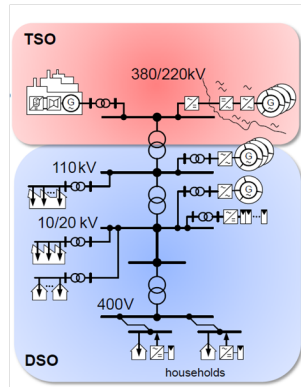
- bisheriger Netzbetrieb:
  - Großkraftwerke sind an das Übertragungsnetz angeschlossen
  - elektrische Energie wird direkt mit Synchrongeneratoren ( $\geq 100$  MW) ins Netz eingespeist
  - Hauptregelziel: lastunabhängige Bereitstellung von sinusförmigen Spannungen mit konstanter Frequenz durch Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)
  - Anpassung der (zentralisierten) Erzeugung an den verteilten Verbrauch



# Einführung

## Transformation der Netzstruktur

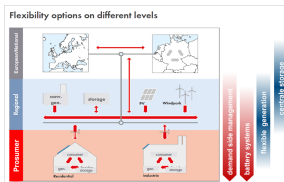
- aktueller (teilweise) / zukünftiger Netzbetrieb
  - Offshore-Windparks sind an das Übertragungsnetz (Betrieb durch ÜNBs) angeschlossen
  - Onshore-Windparks, WEAs an Einzelstandorten und PV Kraftwerke sind an das Verteilungsnetz angeschlossen
  - virtuelle Kraftwerke sollen zukünftig am Netz wie Großkraftwerke wirken



# Einführung

## Transformation der Organisation des Netzbetriebs

- von unidirektionalen zu bidirektionalen Leistungsflüssen durch Einspeisung im Verteilnetz und Speicher
  - Energiefluss kann sich teilweise umkehren
- vom zentralen zum dezentralen Betrieb
  - Verteilung der Energieeinspeisung über das gesamte Netz
  - Energienetze sind bisher streng hierarchisch strukturiert
- von Synchronen. in Kraftwerken (direkt) hin zu verteilten Windkraft- und PV-anlagen und Gleichstromleitungen (Umrichter)



# Challenges

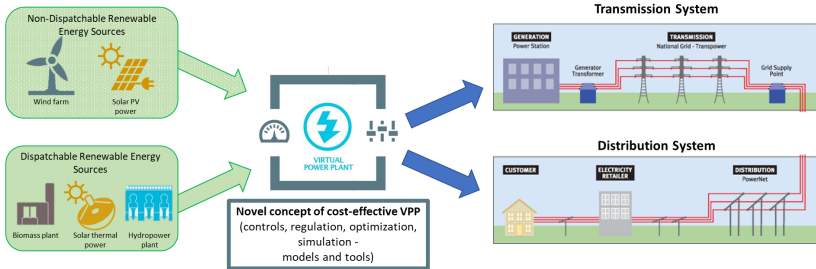
- **(1) Verteilte umrichterbasierte Erzeuger müssen zukünftig das Netz betreiben**
  - Vergangenheit: "negative Last"
    - PV-/Windenergie-Anlagen sind "negative Lasten"
    - Abschalten bei Netzfehlern
  - Gegenwart: "Netzstützend"
    - Netzfehler werden durchfahren ("Fault Right Through" Fähigkeit)
    - Kein Abschalten verhindert Folgefehler (Teilnetzabschaltung, Blackout)
    - Bereitstellung von Blindleistung
  - nahe Zukunft: "Netzbetrieb"
    - Netzbildung mit umrichterbasierten regenerativen Erzeugern
    - Regelung von Frequenz (mit Wirkleistung) und Spannung (mit Blindleistung) Umrichter
    - Bereitstellung von Trägheit (Wirkleistung) und Kurzschlussleistung (Blindleistung)

# Challenges

- **(2)** Trägheit der rotierenden Massen der Kraftwerkssynchronmaschinen hat bisher wesentlich zur Frequenzstabilität des Netzes beigetragen
  - Reduktion der mechanischen Trägheit bewirkt einen signifikanten Anstieg der Änderung der Netzfrequenz (ROCOF) nach einem Netzfehler
- **(3)** Induktivität des Generators hat bisher wesentlich zur Spannungsstabilität des Netzes beigetragen
  - Umrichter sind weniger Überlastbar und deren Regelung trägt bislang nicht zur Kurzschlussleistung bei
- **(4)** Störungen (Oberwellen) durch schaltende Umrichter
  - erzeugen störende höherfrequente Anteile in Strom und Spannung
  - erhöhen das Risiko unvorhergesehener Reglerinteraktion
- **(5)** Ausgleich der Volatilität erneuerbarer Energiequellen
  - durch das Schaffen von Pufferkapazitäten (Speicher)
  - durch Hochspannungsgleichstromleitungen

# EU Verbundvorhaben POSYTYF

**Ansatz:** Clusterung der verteilten RES und Speicher in **Dynamische Virtuelle Kraftwerke** / Dynamic Virtual Power Plant (DVPP)

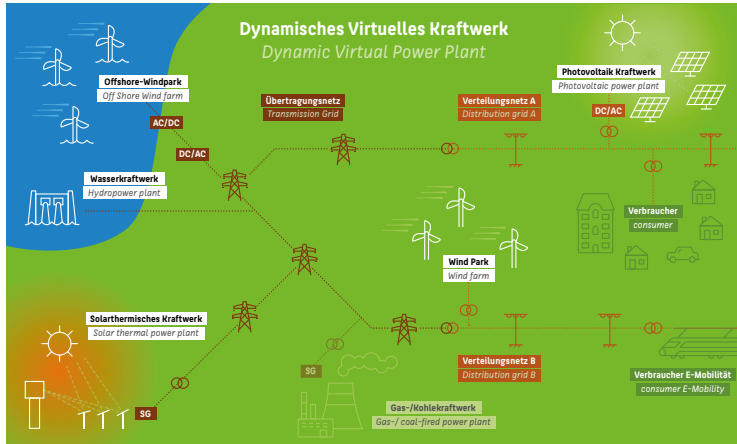


- RES contribute to ancillary services
- System stability is ensured
- Increased penetration of RES is enabled



# EU Verbundvorhaben POSYTYF

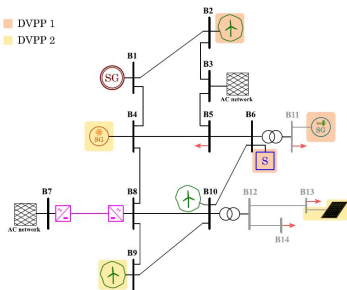
**Ansatz:** Clusterung der verteilten RES und Speicher in **Dynamische Virtuelle Kraftwerke** / Dynamic Virtual Power Plant (DVPP)



# EU Verbundvorhaben POSYTYF

## Methoden

- Netzebene: Mathematische Systemanalyse/-synthese mit DVPPs
  - Ableitung von Stabilitätskriterien für Netze mit geringer mechanischer Trägheit, die durch DVPPs gestützt werden
  - verteilte Regelungs- und Optimierungsstrategien mit DVPPs

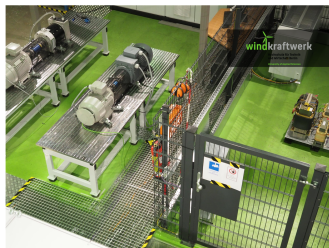




# HTW Berlin POSYTYF: DVPP Integration von EZAs

## ■ Aktuelle Arbeitspakete

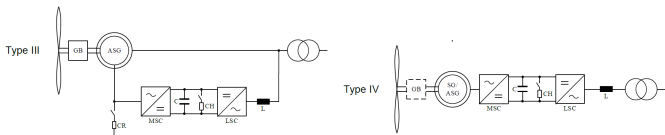
- Methodisch theoretische Untersuchungen basierend auf mathematischen Modellen und der Kontrolltheorie
- **1** Umrichterregelung: Regelverfahren zur Netzeinspeisung
- **2** Nichtlineare Mehrgrößregelung von Windturbinen
- **3** Nichtlineare Mehrgrößregelung von PV Kraftwerke (in Vorbereitung)
- Systematischer Experiment/Simulationsvergleich



# Forschung im Projekt Windkraftwerk (HTW FB1)

## 1.) Umrichterregelung: Regelverfahren zur Netzeinspeisung

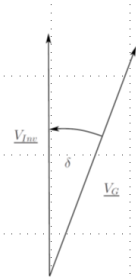
- Ziel der Regelung (Control objective)
  - Beteiligung an der Netzstabilität durch Leistungsregelung
    - bei Änderung der Netzfrequenz Anpassung der Wirkleistung
    - bei Änderung der Netzspannung Anpassung der Blindleistung
  - netzbildende Eigenschaften, Inselnetzfähig
  - spannungsgeführte Strategie angelehnt an Regelverfahren konventioneller Kraftwerke
  - Kurzschlussfest, da spannungsgeführte Strategien bei bisherigen Verfahren zu hohen Kurzschlussströmen führen
- Aktuelle WEA Konzepte (Typ III und Typ IV) mit Umrichtern



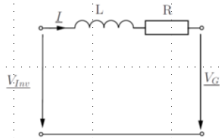
# Forschung im Projekt Windkraftwerk (HTW FB1)

## 1.) Umrichterregelung: Regelverfahren zur Netzeinspeisung

### ■ Grundprinzip der Leistungsregelung in AC Netzen



Zeigerdiagramm

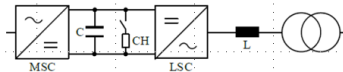


vereinfachtes Ersatzschaltbild

$$p = \frac{v_G}{v_{sc}^2} (v_{sc,R} \cdot (v_{Inv} \cos \delta_V - v_L)) + v_{sc,X} \cdot v_{Inv} \cdot \sin \delta_V$$

$$q = \frac{v_G}{v_{sc}^2} (v_{sc,R} \cdot v_{Inv} \sin \delta_V + v_{sc,X} \cdot (v_{Inv} \cdot \cos \delta_V - v_G))$$

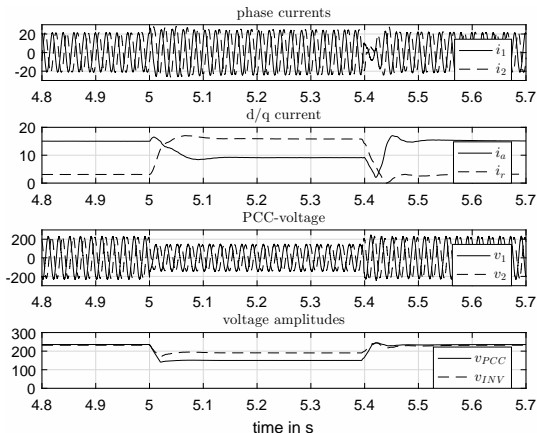
$$p \approx \frac{v_G}{v_{sc}} (v_{Inv} \cdot \delta_V), \quad q \approx \frac{v_G}{v_{sc}} (v_{Inv} - v_G)$$



# Forschung im Projekt Windkraftwerk (HTW FB1)

## 1.) Umrichterregelung: Regelverfahren zur Netzeinspeisung

### ■ Laborergebnis – Verhalten bei Netzkurzschluss



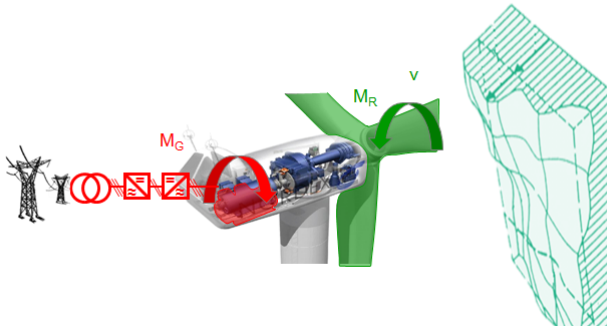




# Forschung im Projekt Windkraftwerk (HTW FB1)

## 2.) Nichtlineare Mehrgrößenregelung von Windturbinen

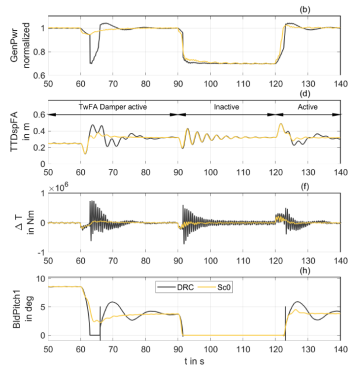
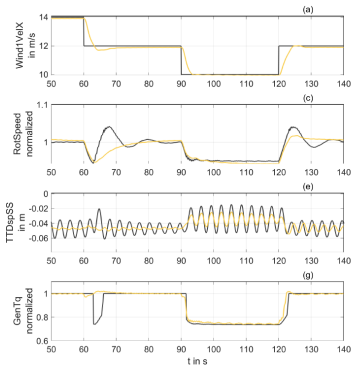
- Stellgrößen, Netzanbindung und Windgeschwindigkeitsverteilung bei Turbinen der Megawattklasse



# Forschung im Projekt Windkraftwerk (HTW FB1)

## 2.) Nichtlineare Mehrgrößenregelung von Windturbinen

### ■ Simulationsergebnisse



# Zusammenfassung

- vorgestellt wurden die Herausforderungen, die sich aus dem Umbau des aktuellen elektrischen Energienetzes aus Kraftwerken mit RES ergeben
- gezeigt wurde, wie diese in dem EU Verbundprojekt POSYTYF adressiert werden
- Laufzeit 01.7.2020 - 30.6.2023 : <https://posytyf-h2020.eu/>
- präsentiert wurden Ergebnisse und aktuelle Arbeitspakete des HTW Teilprojektes WP2 (Modelling and Control of RES in DVPPs)