

VERGLEICH VON REGELKONZEPTEN VON UMRICHTERN FÜR EINE 100 % ERNEUERBARE ENERGIEERZEUGUNG

Philipp Hackl, Ziqian Zhang, Robert Schürhuber

17.02.2022

Überblick

- Motivation
- Ziel der Umrichterregelung
- Regelkonzepte
- Anwendungsbereiche der Regelkonzepte
- Ausblick und Zusammenfassung

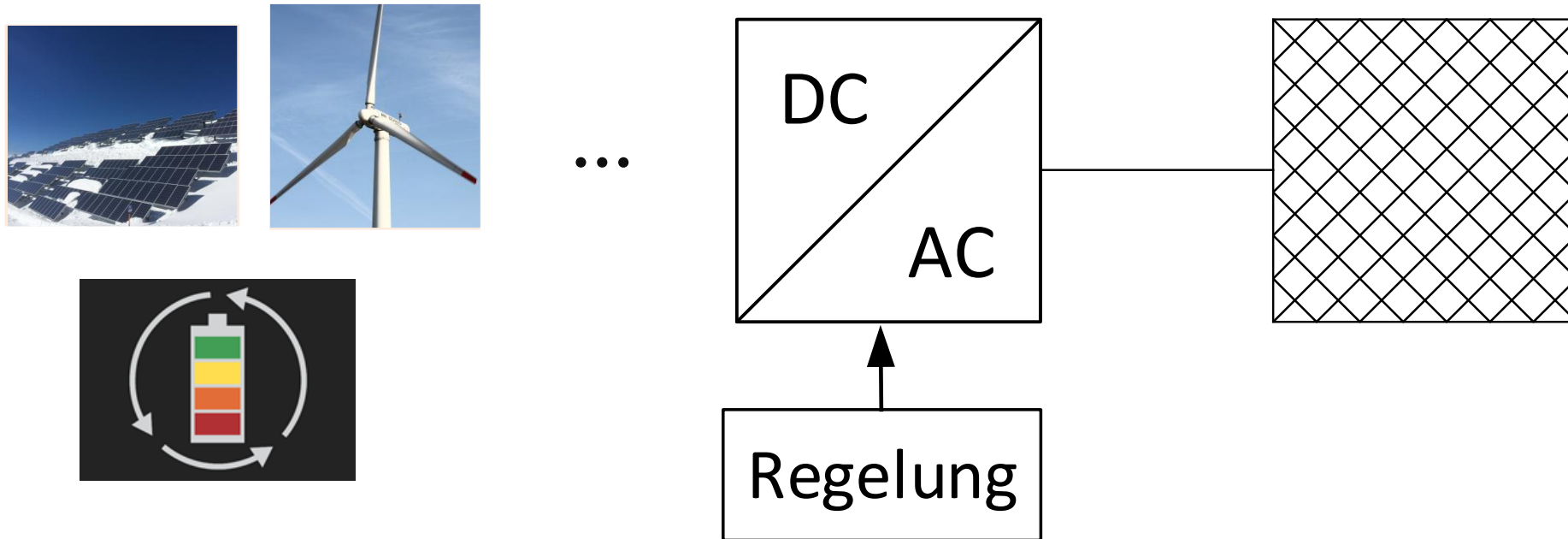
Motivation

- Erzeugung mit leistungsstarken Synchrongeneratoren (Gaskraftwerke, AKW)
- Netzverhalten von inhärenten Eigenschaften vorgegeben
- Rotierende Masse dient als Energiespeicher (Momentanreserve)



→ Verdrängung von rotierende Maschinen

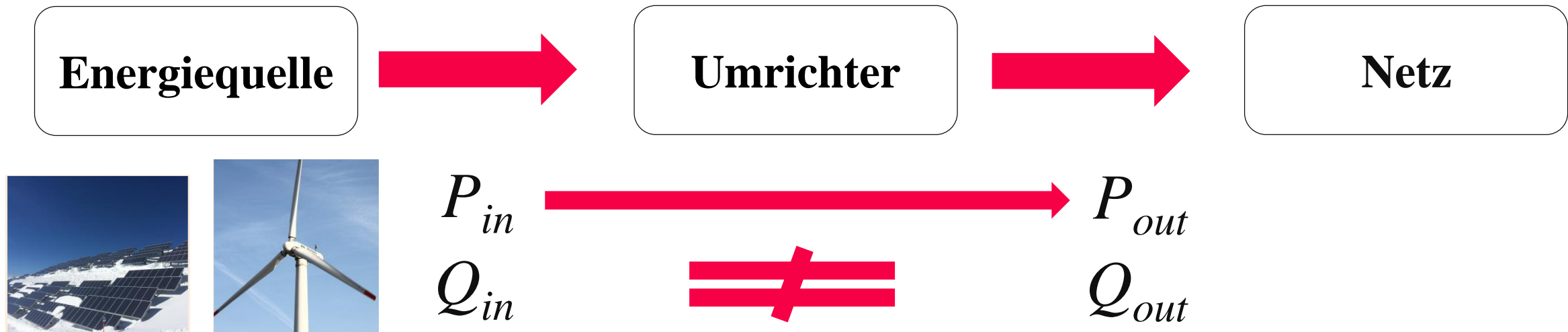
Motivation



→ Regelung bestimmt Verhalten von Umrichtern

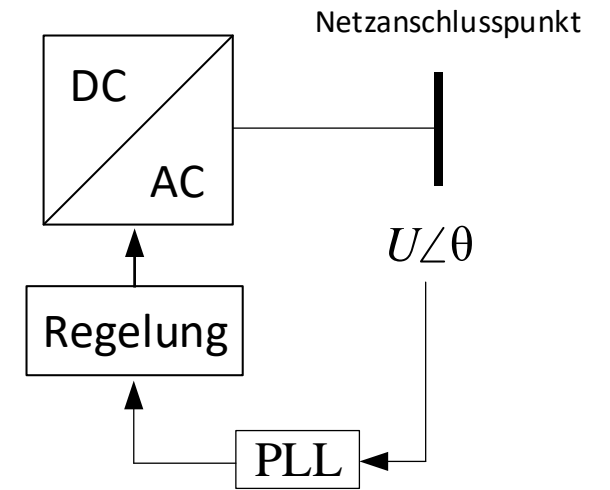
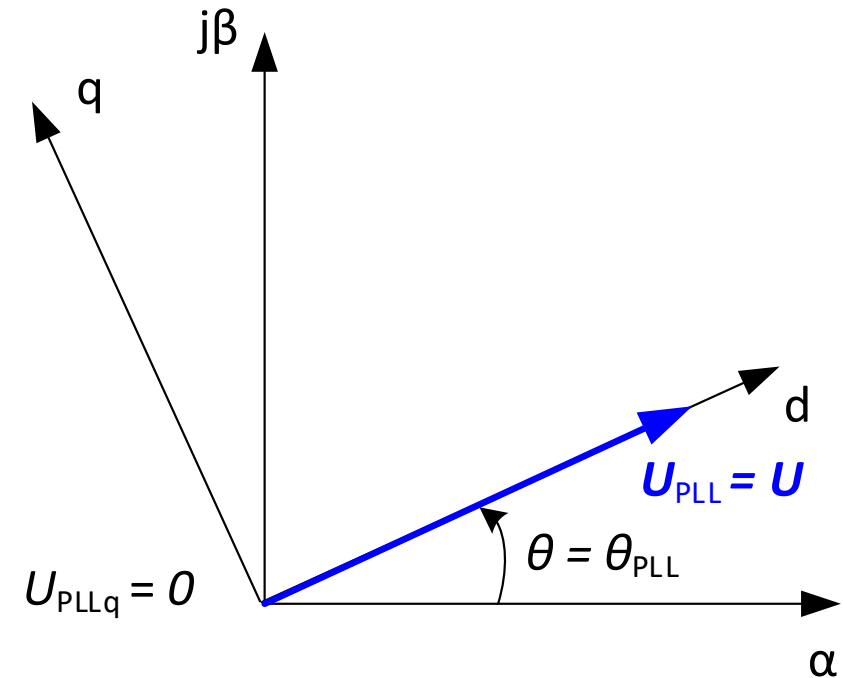
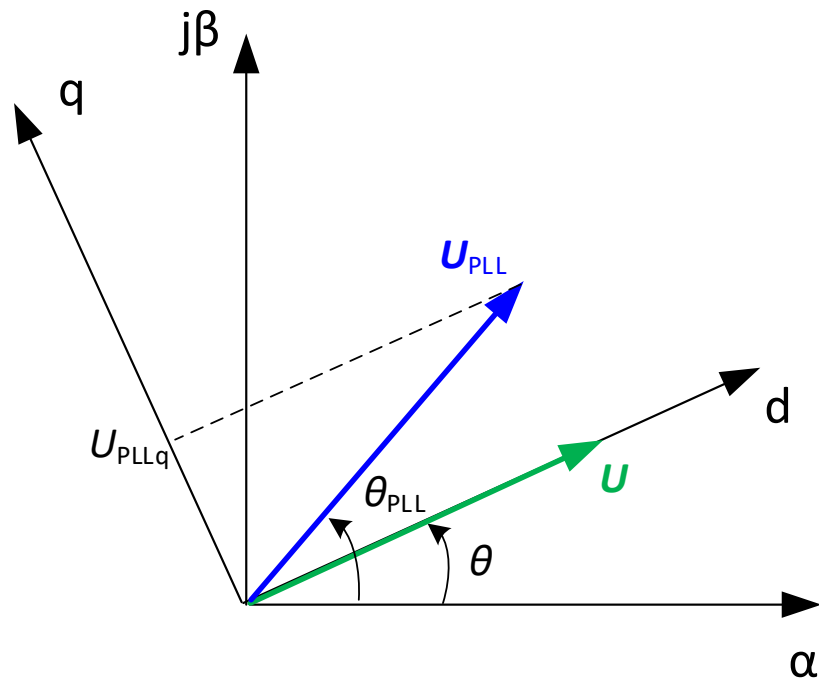
Ziel der Umrichterregelung

- Nutzung des optimalen Betriebsbereiches
- Energiequelle entkoppelt von Netz
- Anpassung von Wirk- und Blindleistung



Synchronisierungsmethode (PLL)

PLL – phase-locked loop
(Phasenregelkreis)

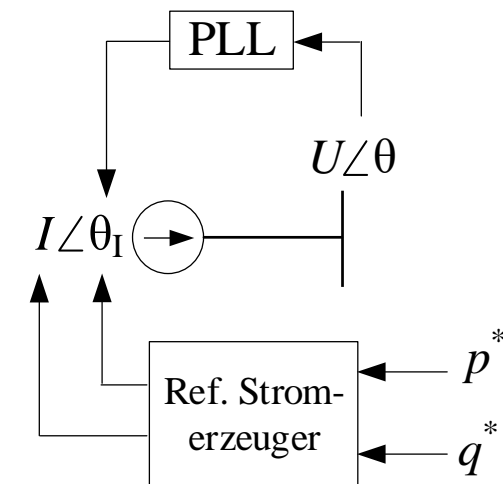


Regelkonzept – grid following

- Synchronisierung an Netzspannung
- Einspeisung von Strom
 - Wirkleistung
 - Blindleistung

→ geregelte Stromquelle

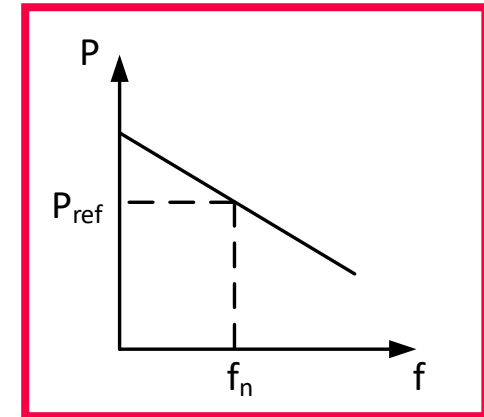
Grid Following



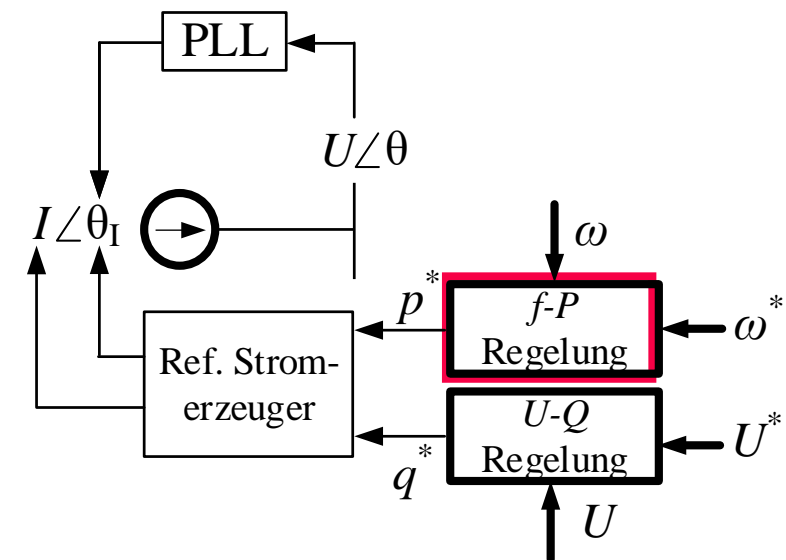
Regelkonzept – grid following

- Synchronisierung an Netzspannung
- Einspeisung von Strom
 - Wirk- und Blindleistung wird netzstützend angepasst

→ geregelte Stromquelle



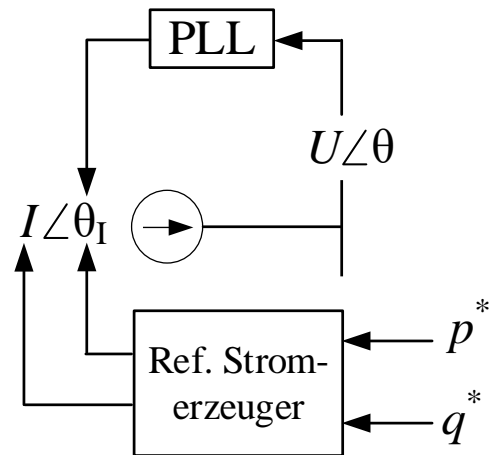
Grid Following mit Netzstützung



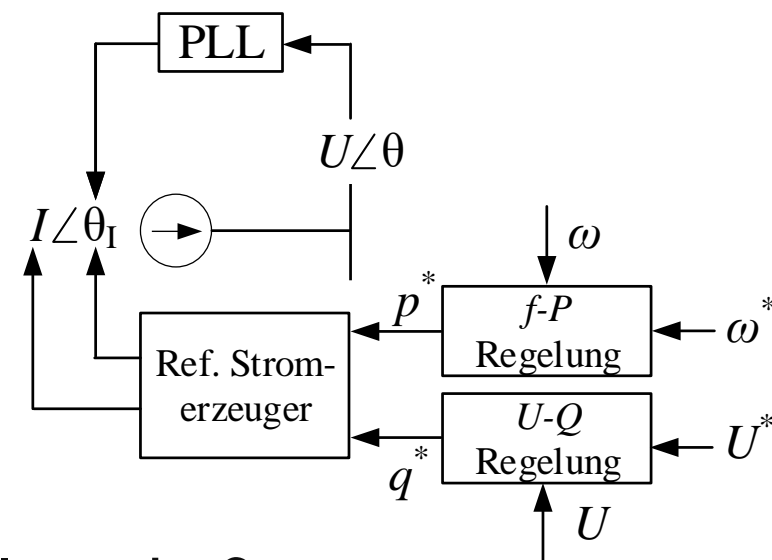
Grid following - Zusammenfassung

- geregelte Stromquelle
- Synchronisierungseinheit benötigt (PLL)

Grid Following



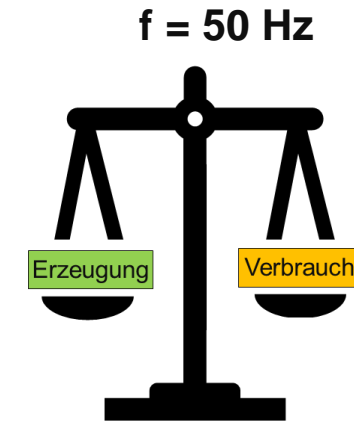
Grid Following mit Netzstützung



Was wenn nichts zu folgen ist?

Frequenz – Ein Indikator

- Erzeugung entspricht Verbrauch
 - Indikator für Stabilität
 - Synchronmaschinen „kommunizieren“ über Frequenz (ohne zusätzliche Kommunikationskanäle)
- Umrichter (grid following) messen Frequenz und speißen Wirk- und Blindleistung mit dieser Frequenz ein
 - Was wenn nichts zu folgen ist?
 - Umrichter müssen Spannung (Frequenz) vorgeben können

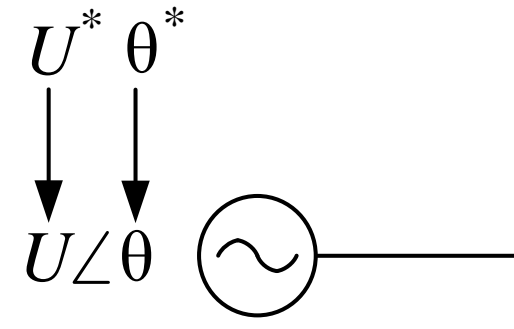


Regelkonzept – grid forming

- Grundidee kommt von Inselnetzen
- Keine Netzspannung notwendig
- Direkte Spannungsvorgabe

→ geregelte Spannungsquelle

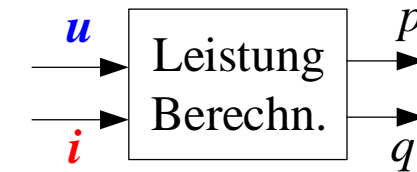
„Grundidee“ Grid Forming



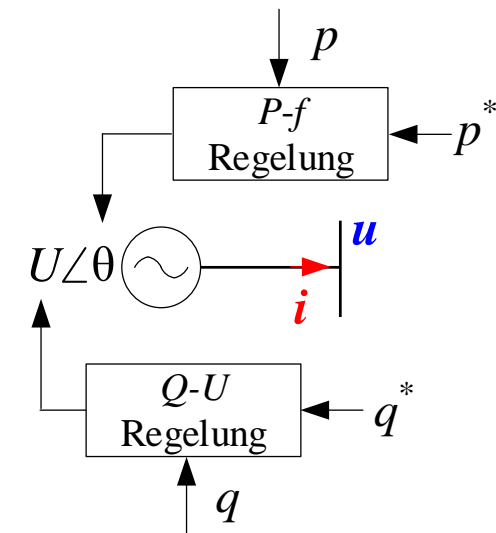
Regelkonzept – grid forming

- Referenzwinkel durch Regelung
- Spannungsvorgabe mit Netzstützung
 - Nachbildung des Verhaltens von Synchronmaschinen
 - Vielzahl an Varianten möglich

→ geregelte Spannungsquelle

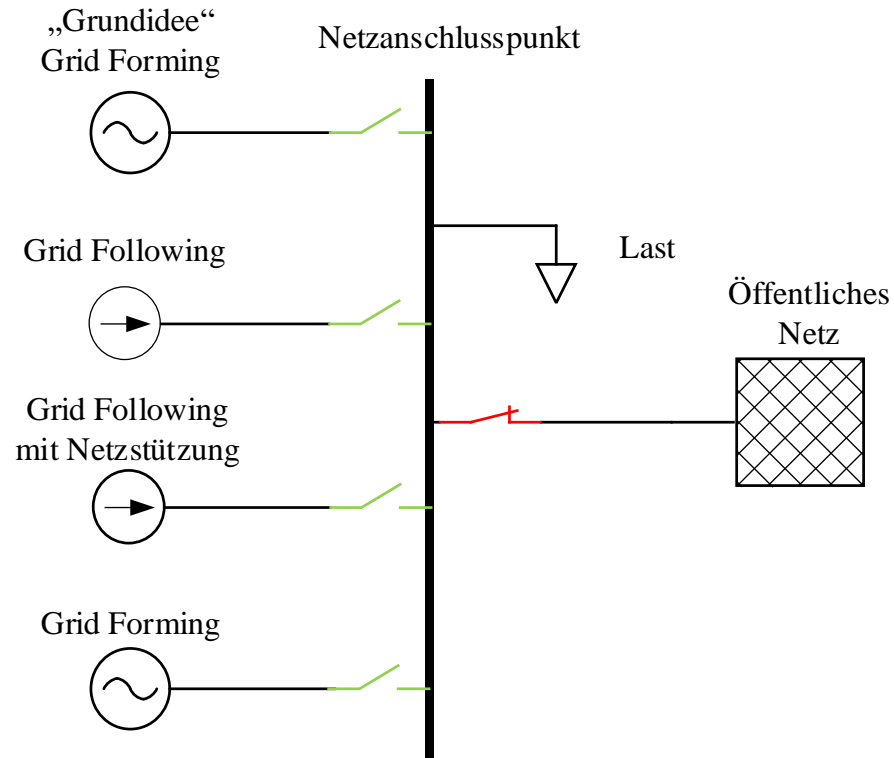


Grid Forming

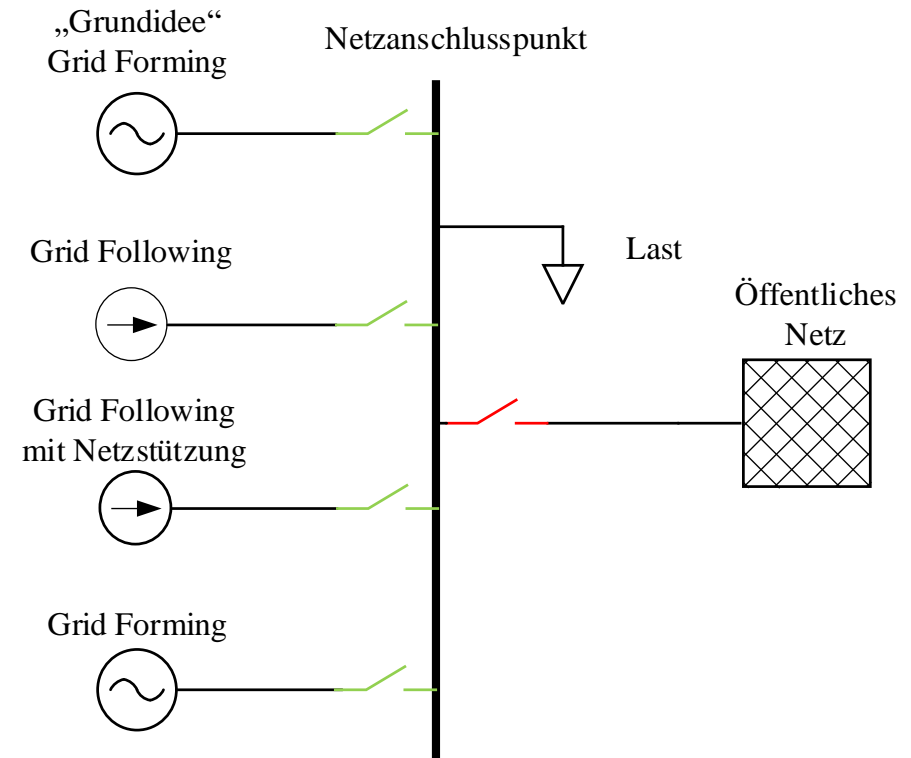


Anwendungsbereich - Topologie

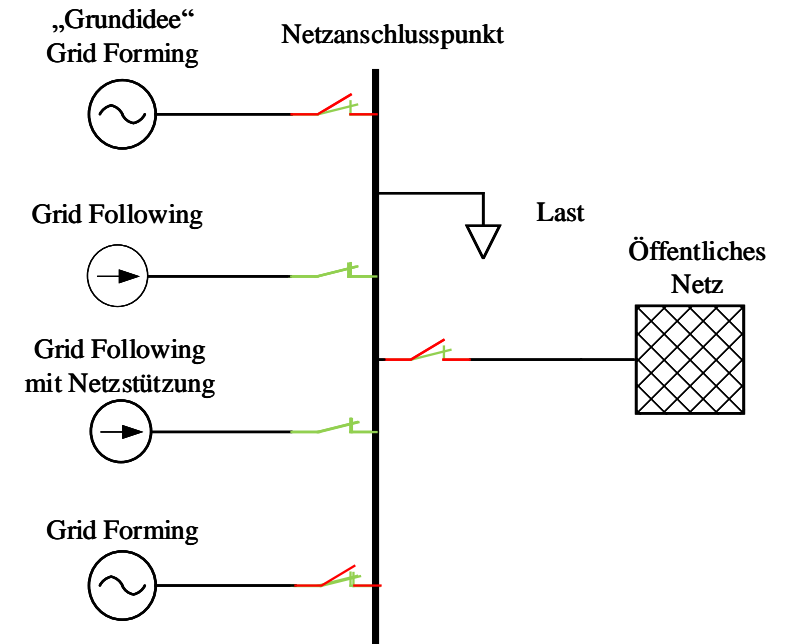
Normalbetrieb



Inselnetz



Anwendungsbereich

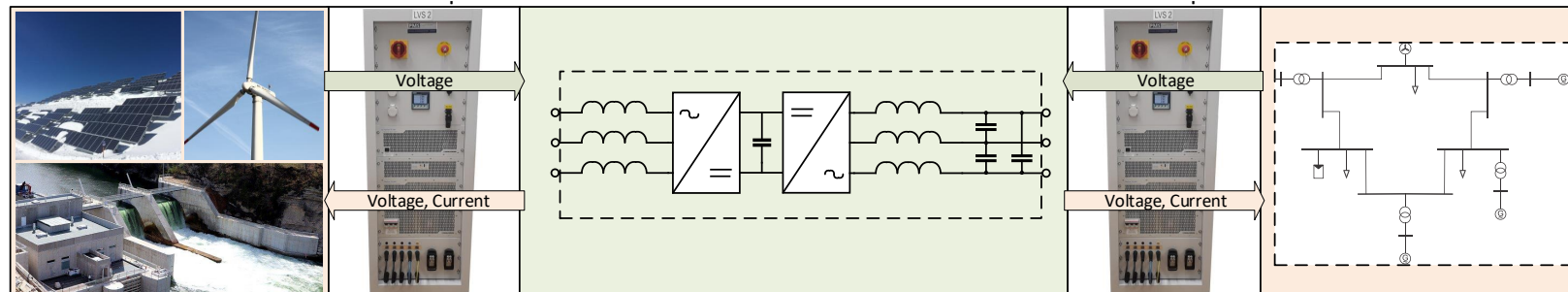


Regelungskonzept	Anwendungsbereich					
	öffentliches Netz	Inselnetz (lediglich Last)	Inselnetz mit "Grundidee" GFM	Inselnetz mit GFL	Inselnetz mit GFL mit Netzstützung	Inselnetz mit GFM
"Grundidee" Grid forming	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Grid following	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Grid following mit Netzstützung	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Grid Forming	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ausblick

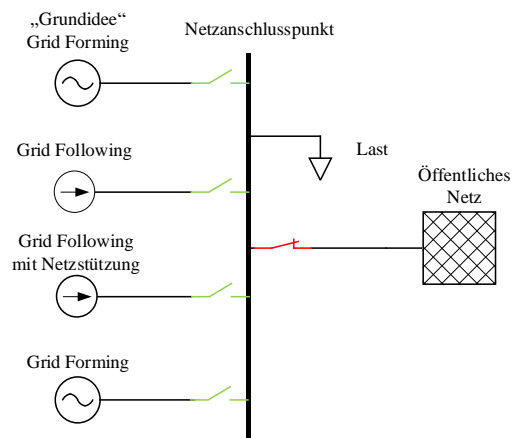
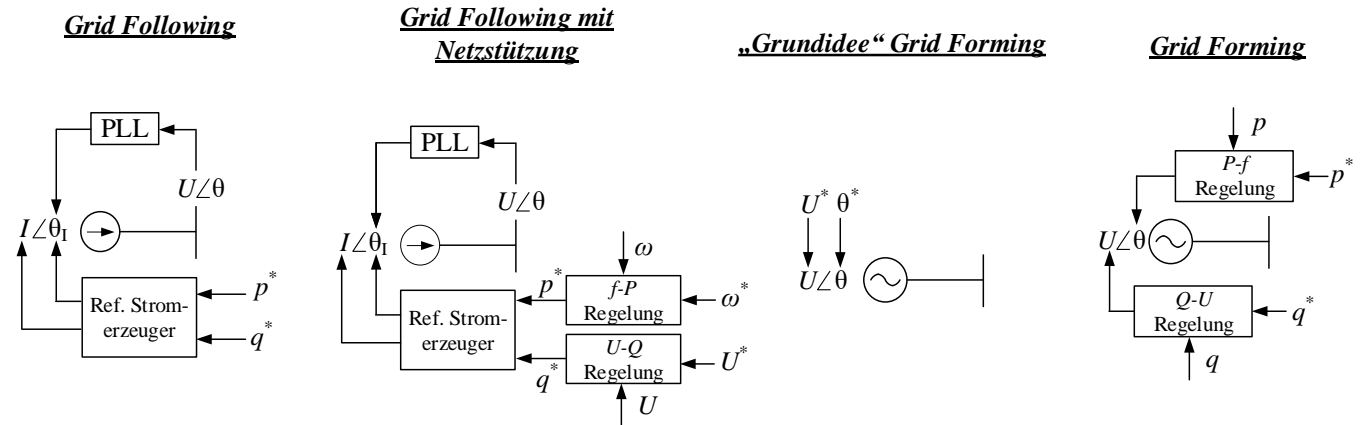
- Gibt es ein optimales Verhältnis zwischen den Regelkonzepten?
- Verhalten im Fehlerfall – FRT (fault-ride-through)
 - Stabilität
 - Dynamische Netzstützung
- Hardware-in-the-loop Tests

Power Hardware-in-the-Loop Test (PHIL)



Zusammenfassung

- Motivation
- Regelkonzepte
- Anwendungsbereiche
- Ausblick



Regelungskonzept	Anwendungsbereich					
	öffentliches Netz	Inselnetz (lediglich Last)	Inselnetz mit "Grundidee" GFM	Inselnetz mit GFL	Inselnetz mit GFL mit Netzstützung	Inselnetz mit GFM
"Grundidee" Grid forming	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Grid following	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Grid following mit Netzstützung	✓	✗	✓	✗	✗	✓
Grid Forming	✓	✓	✓	✓	✓	✓

VERGLEICH VON REGELKONZEPTEN VON UMRICHTERN FÜR EINE 100 % ERNEUERBARE ENERGIEERZEUGUNG

Philipp Hackl, Ziqian Zhang, Robert Schürhuber

17.02.2022