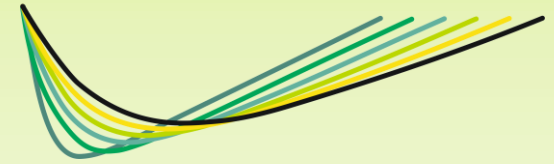


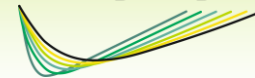
# Bereitstellung von Momentanreserve aus dem Verteilungsnetz

Florian Rauscher

Netzregelung 2.0



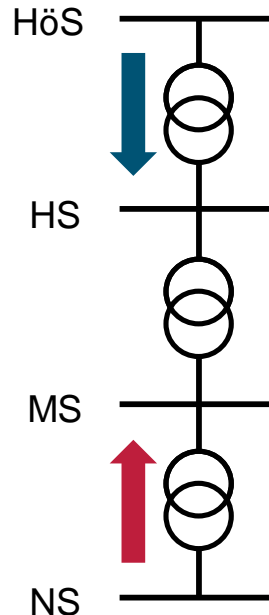
**Abschlusskonferenz - Netzregelung 2.0**  
**Mi 6.7. - Do. 7.7.2022**



# Motivation für die Bereitstellung aus dem Verteilnetz

## Anlagen im Verteilnetz in allen Spannungsebenen bieten großes Potenzial für Momentanreserve

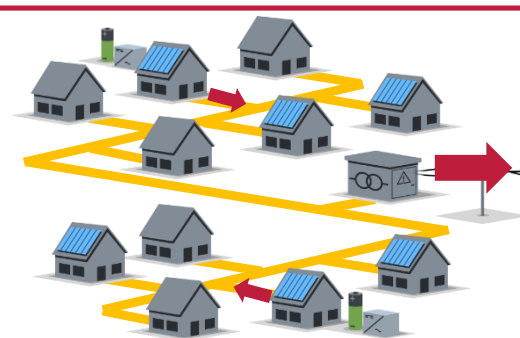
- Für die Deckung des zukünftigen Bedarfs an Momentanreserve wird die Bereitstellung aus diversen zusätzlichen Quellen benötigt
- Die Bereitstellung aus Wind- und PV-Anlagen wird dabei diskutiert, die vorwiegend im Verteilnetz angeschlossen sind
- Gleichzeitig werden Batteriespeicher in den unteren Spannungsebenen zur Energieverschiebung installiert und können prinzipiell ebenfalls Momentanreserve bereitstellen
- Die Bereitstellung von verteilten dezentralen Anlagen trifft zudem die Anforderung an eine dezentrale Bereitstellung von Momentanreserve (= Trägheit der lokalen Netzstabilität)



Momentanreserve aus konventionellen Kraftwerken



Momentanreserve aus Anlagen im Mittel- und Niederspannungsnetz?



# Rechtliche Rahmenbedingungen

**Für eine marktliche Beschaffung aus einer aggregierten Momentanreserve aus den unteren Spannungsebenen muss zuerst ihre Wirksamkeit geprüft werden**

## **Auszug aus §12 h EnWG: Marktliche Beschaffung nicht-frequenzgebundene Systemdienstleistungen**

- (4) Die Bundesnetzagentur kann Ausnahmen von der Verpflichtung der marktgestützten Beschaffung von Systemdienstleistungen nach § 29 Absatz 1 festlegen, wenn diese wirtschaftlich nicht effizient ist; **sie kann auch einzelne Spannungsebenen ausnehmen.** [...]
- (5) Soweit die Bundesnetzagentur keine Ausnahmen nach Absatz 4 festlegt, hat sie die Spezifikationen und technischen Anforderungen der transparenten, diskriminierungsfreien und marktgestützten Beschaffung der jeweiligen Systemdienstleistung, vorbehaltlich des Absatzes 4, nach § 29 Absatz 1 festzulegen. Die Spezifikationen und technischen Anforderungen müssen sicherstellen, dass sich **alle Marktteilnehmer wirksam und diskriminierungsfrei beteiligen können**; dies schließt Anbieter erneuerbarer Energien, **Anbieter dezentraler Erzeugung**, Anbieter von Laststeuerung und Energiespeicherung sowie Anbieter ein, die in der **Aggregation** tätig sind. Die Spezifikationen und technischen Anforderungen sollen sicherstellen, dass die **marktgestützte Beschaffung der jeweiligen Systemdienstleistung nicht zu einer Reduzierung der Einspeisung vorrangberechtigter Elektrizität führt**. Die Spezifikationen und technischen Anforderungen wirken auf eine größtmögliche Effizienz der Beschaffung und des Netzbetriebs hin.



# Methodisches Vorgehen

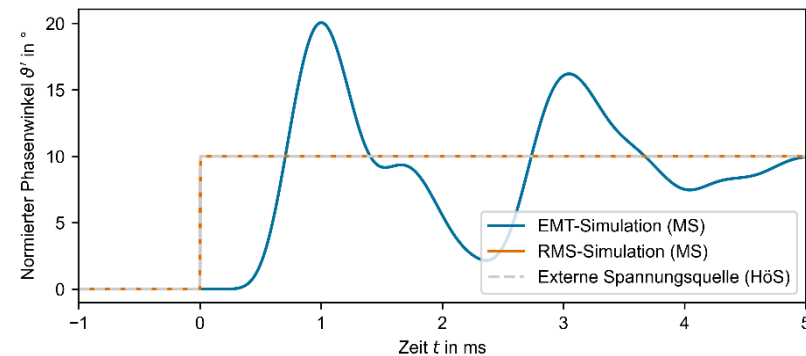
Die Bereitstellung der Momentanreserve erfolgt u.a. auf die Anpassung des netzseitigen Spannungswinkels

## Gegenthesen:

1. Wenn eine Bereitstellung der Momentanreserve aus einer Spannungsebene zu verzögert ankommt, kann dies nicht als effektiv angesehen werden
2. Wenn Momentanreserve nicht aggregiert werden kann, kann die Bereitstellung aus vielen dezentralen Anlagen nicht als effektiv angesehen werden

## Methodischer Ansatz zu (1):

- Momentanreserve wird z.B. als Reaktion auf einen Winkelsprung bereitgestellt
- Demnach gilt das rechtzeitige Erreichen des Phasenwinkelsprungs als notwendiges Kriterium
- Analyse der Ausbreitung des Phasenwinkelsprungs von  $10^\circ$  im HöS-Netz bis in das NS-Netz ohne weitere Netzbildner

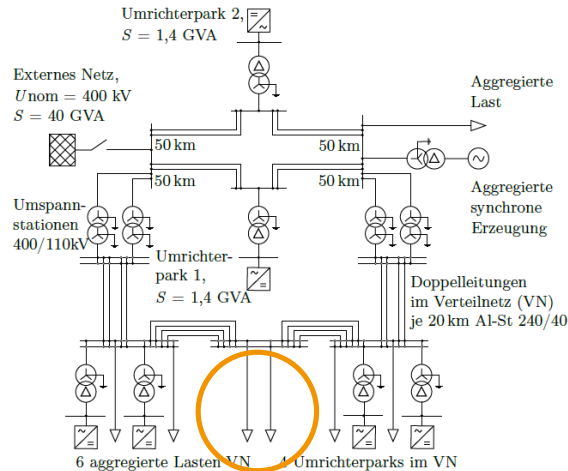




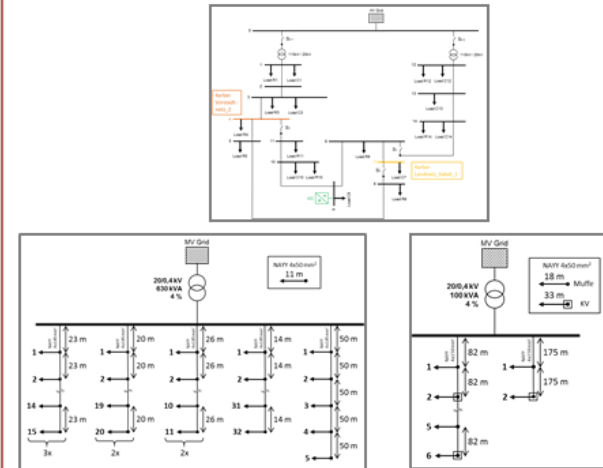
# Spannungsebenenübergreifendes Netz

Zur Analyse wurden das innerhalb des Projektes weiterentwickelte kombinierte Höchst- und Hochspannungsnetz um ein unterlagertes Mittel- und Niederspannungsnetz erweitert, um geeignete Simulationen durchzuführen

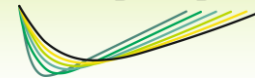
## Entwickeltes kombiniertes Höchst- und Hochspannungsnetz auf dem Projekt



## Unterlagertes Verteilnetz (1x Cigre MS + 2x NS Netz)



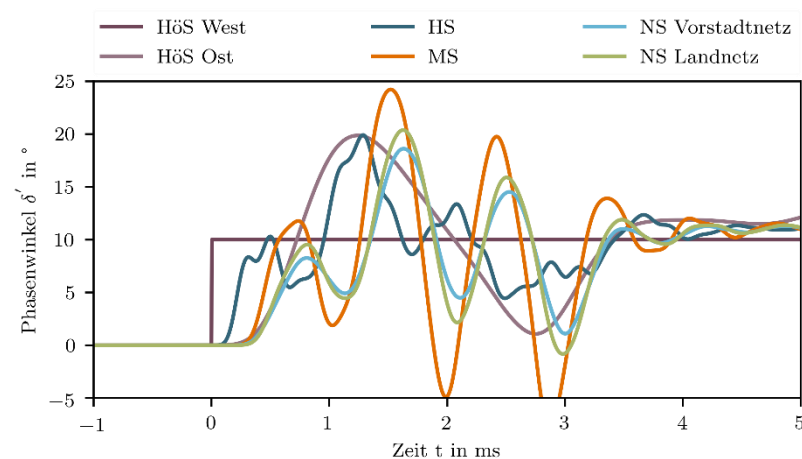
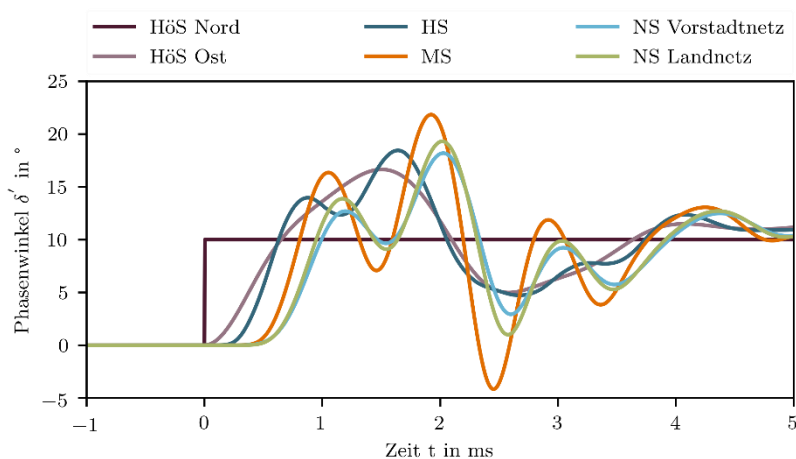
Quelle: M. Nuschke, *Frequenzstabilität in umrichterdominierten Netzen*, Dissertation 2021



# Ausbreitung eines Phasenwinkels innerhalb des Netzes

Eine Reaktion des  $10^\circ$  Spannungswinkelsprungs innerhalb des Simulationsnetzes ist selbst bei den Ausläufern der Niederspannungsnetze stets in unter 1 ms detektierbar

- Winkelsprung mit großer Distanz zum Verteilnetz
- Spannungsebenen reagieren „nacheinander“
- Nach ca. 0,5 ms ist im Niederspannungsnetz eine Reaktion sichtbar
- Winkelsprung nah am unterlagerten Verteilnetz
- Das Verteilnetz reagiert damit teilweise vor Sammelschienen im Höchstspannungsnetz





# Betrachteten Anlagen mit einer netzbildenden Regelung in Mittel- und Niederspannungsnetzen

## Beispiel: Zentralwechselrichter mit Batteriespeicher

- Nennscheinleistung in der Simulation von 10 MVA
- Einzelne Anlage im Mittelspannungsnetz



Bildquelle: SMA Solar Technology AG

## Beispiel: Batterieheimspeicher als Kleinanlagen

- Nennscheinleistung in der Simulation von 50 kVA
- Insgesamt fünf Anlagen, verteilt auf zwei unterschiedliche Niederspannungsnetze

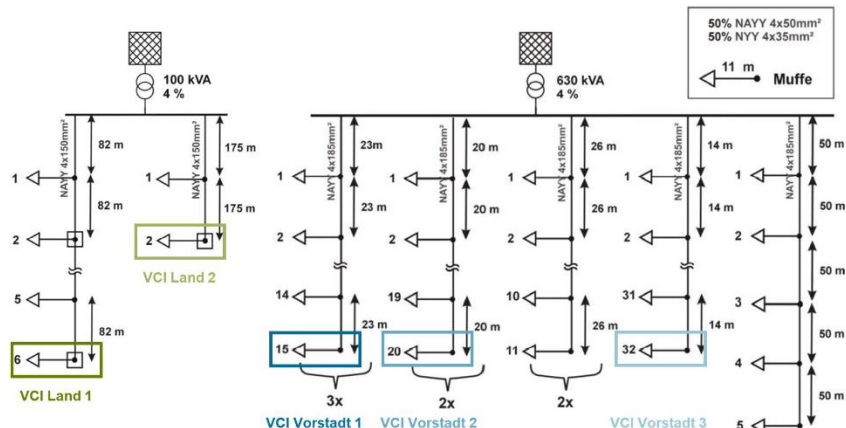


Bildquelle: SMA Solar Technology AG

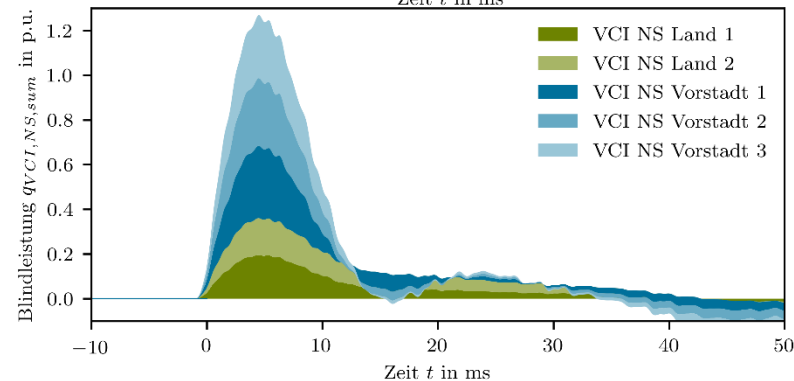
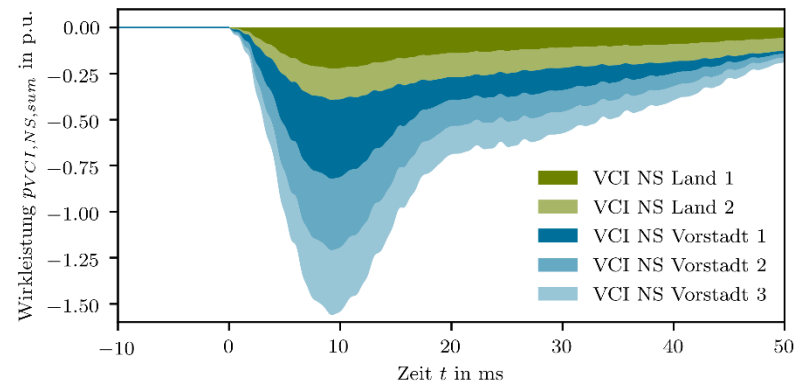
Beide Anlagen werden mit einer netzbildenden Regelung auf Basis der Synchronmaschinen-Gleichung geregelt und besitzen grundsätzlich die gleiche Parametrierung in per Unit Angaben.



# Aggregierte Leistungsreaktion aus dem Niederspannungsnetz



- Aggregierte Leistungsreaktion aller netzbildender Wechselrichter auf den Winkelsprung; sowohl in der Wirk- als auch in der Blindleistung
- Kein unmittelbares Gegeneinander-Schwingen der Komponenten beobachtbar, aber auch gleiche Parametrierung und gleiche Größe der Wechselrichter



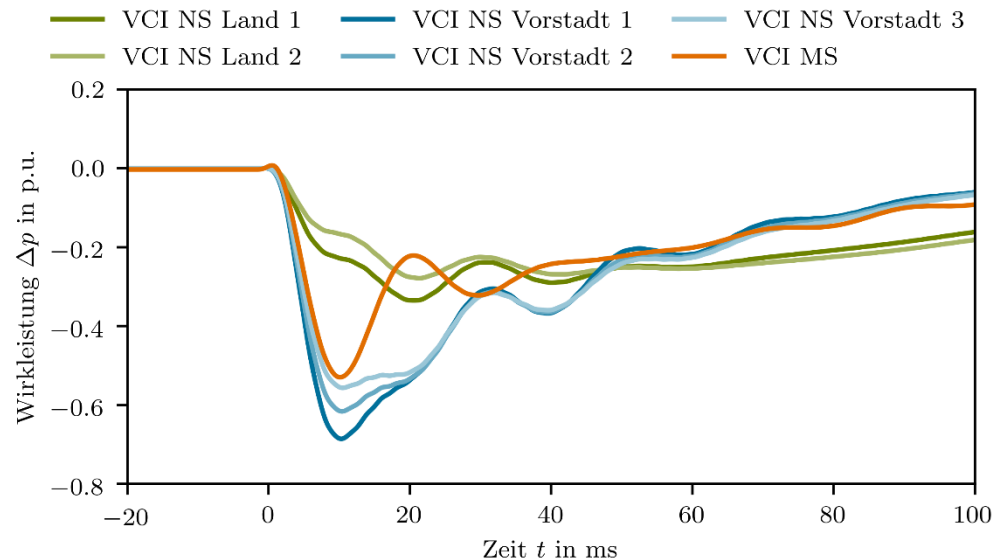




# Zeitliche Wirkleistungsreaktion in MS- und NS-Netz

In diesem Szenario erfolgt die Leistungsreaktion anteilig zuerst aus den NS-Anlagen und dann erst aus der MS-Anlage. Dies ist unmittelbar auf die Entfernung zum Störungsursprung zurückzuführen

- Sowohl der netzbildende Stromrichter in der Mittelspannung als auch die Anlagen in der Niederspannung sind aktiv
- Die Wirkleistungsreaktion ist jeweils normiert um die Nennscheinleistung der jeweiligen Anlage
- Hierbei zeigt sich, dass die netzbildenden Stromrichter im Niederspannungsnetz „Vorstadt“ vor der Anlage in der Mittelspannung reagieren
- Ebenso treten die Anlage in eine Interaktion, die über eine aufs Verteilnetz angepasste Dämpfung gedämpft wird

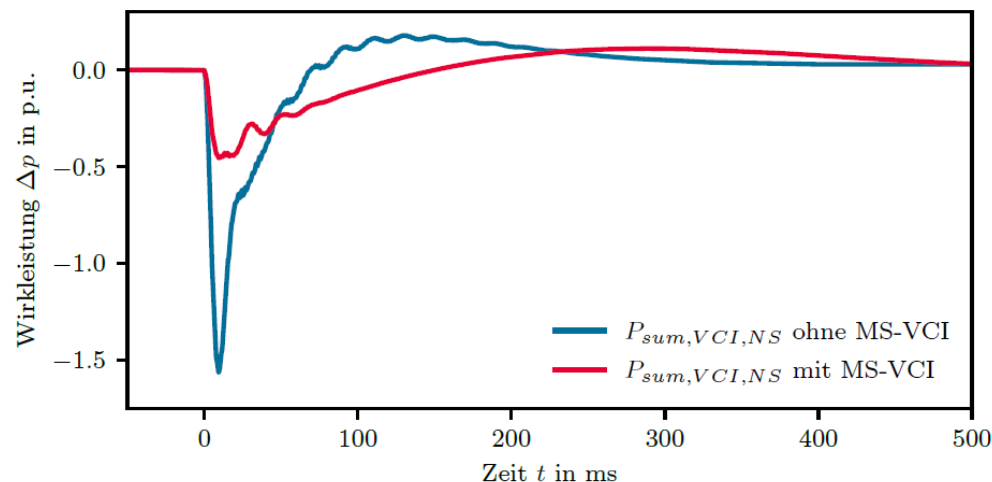




# Einfluss von zusätzlichen Netzbildnern beim Winkelsprung

Der Abruf der Momentanreserve aus dem Niederspannungsnetz ist umso geringer, je mehr weitere Netzbildner im Netz vorhanden sind

- Simulation in zwei getrennten Szenarien:
  - Nur VCIs in der Niederspannung
  - VCI in der Mittel- und Niederspannung
- Vergleich der gemeinsamen aggregierten Wirkleistungsreaktionen nur aus dem Niederspannungsnetz
- Beim Vorhandensein der Anlage in der Mittelspannung (MS-VCI) verringert sich die Wirkleistungsreaktion aus den Niederspannungs-VCIs deutlich

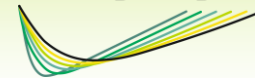


## Zusammenfassung der Ergebnisse

- Phasenwinkelsprünge breiten sich selbst bis ins Niederspannungsnetz in unter einer Millisekunde aus
- Somit kann davon ausgegangen, dass die notwendige Bedingung für eine hinreichend schnelle Bereitstellung von Momentanreserve erfüllt ist (in Diskussionen häufig  $< 5$  ms)
- Die Bereitstellung von Momentanreserve bzw. Trägheit der lokalen Netzstabilität kann prinzipiell auch durch die Mittel- und Niederspannungsnetze erfolgen

## Schlussfolgerung

- Eine pauschale Ausnahme dieser Spannungsebenen kann aus rein physikalischen Gründen nicht erfolgen
- Neben der effektiven Bereitstellung stellt sich nach wie vor die Frage einer effizienten Bereitstellung, was erst durch eine ausführliche Kosten-Nutzen Abwägung erfolgen kann



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Kontaktdaten



**FLORIAN RAUSCHER, M.Sc.**

*Wissenschaftlicher Mitarbeiter*

Team Netzdynamik und  
Systemstabilität

Arbeitsgruppe Energiesysteme

f.rauscher@tu-braunschweig.de

+49 531 391 7760

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Danksagung

Die vorliegenden Erkenntnisse wurden im Rahmen des BMWK-geförderten Verbundvorhabens „Netzregelung 2.0“ (Förderkennzeichen 0350023B) ermittelt. Die Autoren danken dem BMWK für die finanzielle Unterstützung.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor und spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Projektkonsortiums Netzregelung 2.0 wieder.



**elenia Institut für Hochspannungstechnik und  
Energiesysteme**

Technische Universität Braunschweig

Schleinitzstraße 23  
38106 Braunschweig  
Germany